



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Návrh hydraulického válce nůžkového  
zvedáku pro osobní auto**

**Design of Hydraulic Cylinder of Car Scissor  
Lift**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2020**

**Pavel ŠŤASTNÝ**

**Studijní program:** B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

**Studijní obor:** 2301R000 Studijní program je bezoborový

**Vedoucí práce:** Ing. Karel PETR, Ph.D.

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šťastný** Jméno: **Pavel** Osobní číslo: **458487**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**  
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**  
Studijní obor: **bez oboru**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh hydraulického válce nůžkového zvedáku pro osobní auto**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of Hydraulic Cylinder of Car Scissor Lift**

Pokyny pro vypracování:

Cílem práce je návrh hydraulického válce zdvihu nůžkového zvedáku a návrh samotného nůžkového zvedáku pro osobní automobil, do kterého bude válec zabudován. Student zpracuje stručnou rešerši dané problematiky. Dále zpracuje analýzu kinematiky a silového zatížení, ze které definuje požadavky na hydraulický válec pro maximální zvedanou zátěž 3 tuny. Podrobně zpracuje konstrukční řešení válce a jeho uchycení v nůžkovém zvedáku. Návrh bude doplněn potřebnými návrhovými a kontrolními výpočty a kompletní výkresovou dokumentací. Pro navržený válec student navrhne vhodný pohon.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.
- [2] Joseph E. Shigley: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [3] FREDERICK E. GIESECKE. Technical Drawing with Engineering Graphics. 2014. Pearson New International Edition. ISBN 13: 9781292026183.
- [4] Katalogy výrobců.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Karel Petr, Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

\_\_\_\_\_

Datum zadání bakalářské práce: **23.03.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30.06.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ing. Karel Petr, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Ing. František Lopot, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh hydraulického válce nůžkového zvedáku pro osobní auto“ včetně příloh, jež jsou součástí této práce, vypracoval samostatně pod vedením Ing. Karla Petra, Ph.D. a uvedl jsem všechny použité zdroje a literaturu.

V Praze \_\_\_\_\_

Pavel Šťastný \_\_\_\_\_

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Karlu Petrovi, Ph.D. za jeho čas a pomoc zejména s odbornou úpravou bakalářské práce a stejně tak za rady ke zpracování výkresové dokumentace.

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Jméno autora:         | Pavel ŠŤASTNÝ   |
| Název BP:             | Návrh hydraulického válce nůžkového zvedáku pro osobní auto             |
| Anglický název:       | Design of Hydraulic Cylinder of Car Scissor Lift                        |
| Rok:                  | 2020  |
| Studijní program:     | B2342 Teoretický základ strojního inženýrství                           |
| Obor studia:          | 2301R000 Studijní program je bezoborový                                 |
| Ústav:                | Ústav konstruování a částí strojů                                       |
| Vedoucí BP:           | Ing. Karel PETR, Ph.D.  |
| Konzultant:           |   |
| Bibliografické údaje: | počet stran 33<br>počet obrázků 17<br>počet tabulek 5<br>počet příloh 1 |
| Klíčová slova:        | hydraulický válec, přímočarý hydromotor, nůžkový zvedák                 |
| Keywords:             | hydraulic cylinder, linear hydraulic motor, scissor lift                |
| Anotace:              |   |

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh hydraulického válce (hydromotoru) nůžkového zvedáku a návrh jeho pohonu pro zdvih osobního auta do hmotnosti tří tun. Obsahem je návrh konstrukce nůžkového mechanismu následovaný analýzou kinematiky zdvihu a určení maximální silové zátěže hydromotoru pro navržené rozměry zvedáku. Dále je vybrán vhodný typ konstrukce hydromotoru a způsob uložení ve zvedáku. Pevnostními výpočty jsou navrženy hlavní rozměry hydromotoru a jeho uložení. Po výběru nevyroběných součástí je vytvořena výkresová dokumentace a nakonec navržen hydraulický pohon.

### Abstract:

The aim of this bachelor thesis is the design of a hydraulic cylinder (hydraulic motor) of a car scissor lift and the design of its drive for lifting a car weighing up to three tons. The content of this work is the design of the scissor mechanism followed by an analysis of the stroke kinematics and a determination of the maximum force load of the hydraulic motor for the designed dimensions of the lift. Furthermore, an appropriate type of construction of the hydraulic motor and a method of its mounting in the lift is selected. The main dimensions of the hydraulic motor and its mounting are designed by strength calculations. After a selection of non-manufactured components, the drawing documentation is created and finally the hydraulic drive is designed.

## OBSAH

|  |      |
|--|------|
| Seznam použitých symbolů .....                                 | 1 -  |
| 1. Úvod .....  | 3 -  |
| 2. Rozbor zadání a stanovení cílů .....                        | 3 -  |
| 3. Rešerše přímočarých hydromotorů .....                       | 3 -  |
| 3.1. Princip funkce přímočarých hydromotorů .....              | 3 -  |
| 3.2. Konstrukce přímočarých hydromotorů .....                  | 4 -  |
| 3.2.1. Píst .....  | 4 -  |
| 3.2.2. Pístnice .....  | 4 -  |
| 3.2.3. Válec.....  | 5 -  |
| 3.2.4. Víko .....  | 5 -  |
| 3.2.5. Provozní kapalina .....                                 | 5 -  |
| 3.3. Rozdělení přímočarých hydromotorů .....                   | 5 -  |
| 3.4. Tlumení rázů hydromotoru .....                            | 7 -  |
| 3.5. Uchycení hydromotoru .....                                | 7 -  |
| 4. Volba konstrukce zvedáku .....                              | 10 - |
| 5. Analýza kinematiky zdvihu.....                              | 10 - |
| 5.1. Náhradní schéma mechanismu.....                           | 10 - |
| 5.2. Kontrola statické určitosti .....                         | 10 - |
| 5.3. Uvolnění členů.....                                       | 11 - |
| 5.4. Řešení pohybu mechanismu.....                             | 14 - |
| 6. Volba provedení hydromotoru.....                            | 17 - |
| 7. Návrhové výpočty hlavních konstrukčních rozměrů .....       | 17 - |
| 7.1. Síla pístu.....   | 17 - |
| 7.2. Provozní tlak.....  | 17 - |
| 7.3. Průměr pístu.....   | 17 - |
| 7.4. Skutečný provozní tlak .....                              | 18 - |
| 7.5. Vnější průměr válce .....                                 | 18 - |
| 7.6. Změna vnitřního průměru válce vlivem tlaku kapaliny ..... | 20 - |
| 7.7. Kontrola namáhání pístnice.....                           | 20 - |
| 7.7.1. Kontrola na vzpěr .....                                 | 21 - |
| 7.7.2. Kontrola na tlak .....                                  | 21 - |
| 7.8. Kontrola čepů pro uložení hydraulického válce .....       | 21 - |
| 7.9. Délka hydraulického válce.....                            | 22 - |
| 8. Volba nevyráběných součástí.....                            | 22 - |
| 8.1. Volba těsnění.....  | 23 - |
| 8.2. Volba vodících kroužků .....                              | 24 - |
| 8.3. Výběr odvodu .....  | 24 - |
| 9. Navržený hydraulický válec.....                             | 24 - |
| 10. Návrh pohonu.....  | 26 - |
| 10.1. Objem nádrže .....                                       | 26 - |
| 10.2. Objemový průtok.....                                     | 26 - |
| 10.3. Výběr agregátu .....                                     | 27 - |
| 10.4. Vybrané parametry agregátu.....                          | 28 - |

|            |                                 |               |
|------------|---------------------------------|---------------|
| <b>11.</b> | <b>Rychlost zdvíhu .....</b>    | <b>- 28 -</b> |
| <b>12.</b> | <b>Konstrukce zvedáku .....</b> | <b>- 29 -</b> |
| <b>13.</b> | <b>Závěr .....</b>              | <b>- 29 -</b> |
|            | <b>Použitá literatura.....</b>  | <b>- 31 -</b> |
|            | <b>Seznam obrázků .....</b>     | <b>- 33 -</b> |
|            | <b>Seznam tabulek .....</b>     | <b>- 33 -</b> |
|            | <b>Seznam příloh.....</b>       | <b>- 33 -</b> |

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ**

| <b>Označení</b>  | <b>Význam</b>                                       | <b>Jednotka</b> |
|--|---|-----------------|
| $h, l_0, l_1$  | vzdálenost  | [m]             |
| $i$  | stupně volnosti                                     | [-]             |
| $u$  | počet členů   | [-]             |
| $v_p, r, p, v, o$  | množství vazeb                                      | [-]             |
| $l, a, b, l_4$   | délka   | [m]             |
| $l_{4min}, l_{4max}$   | délka   | [mm]            |
| $G$  | zatížení  | [N]             |
| $F_v, F_{vmax}$  | vysouvací síla pístu                                | [N]             |
| $A_x, C_x, D_x,$   | vodorovná složka reakční síly                       | [N]             |
| $A_y, B_y, C_y, D_y, E_y,$   | svislá složka reakční síly                          | [N]             |
| $\alpha, \varphi$  | úhel  | [°]             |
| $x_F, y_F$   | poloha  | [m]             |
| $\underline{A}$  | matice koeficientů                                  | [-], [m]        |
| $\underline{x}$  | vektor reakcí                                       | [N]             |
| $\underline{b}$  | vektor pravé strany                                 | [N], [N·m]      |
| $m$  | hmotnost  | [kg]            |
| $z_p$  | zdvih pístu   | [mm]            |
| $F_p$  | jmenovitá síla pístu                                | [N]             |
| $k_1$  | koeficient vlivu tíhy konstrukce a pasivních odporů | [-]             |
| $k_t$  | koeficient vlivu třecích odporů                     | [-]             |
| $k$  | součinitel bezpečnosti                              | [-]             |
| $d, D$   | průměr  | [mm]            |
| $p_k$  | tlak provozní kapaliny                              | [MPa]           |
| $p_1, p_2$   | tlak  | [MPa]           |
| $p_D$  | dovolený tlak                                       | [MPa]           |
| $r_1, r_2, r_t$  | poloměr   | [mm]            |
| $\sigma_o, \sigma_r, \sigma_t, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_{red}$ | normálové napětí                                    | [MPa]           |
| $\sigma_D$   | dovolené normálové napětí                           | [MPa]           |
| $\tau$   | smykové napětí                                      | [MPa]           |
| $\tau_{DII}$   | dovolené smykové napětí při míjivém zatížení        | [MPa]           |



| Označení                                | Význam                              | Jednotka               |
|---|-------------------------------------|------------------------|
| K                                       | napěťová konstanta                  | [MPa]                  |
| C                                       | napěťová konstanta                  | [MPa·mm <sup>2</sup> ] |
| R <sub>e</sub>                          | napětí na mezi kluzu                | [MPa]                  |
| C <sub>II</sub>                         | součinitel pro míjivé zatížení      | [-]                    |
| E                                       | modul pružnosti v tahu              | [MPa]                  |
| ν                                       | Poissonovo číslo                    | [-]                    |
| Δr, Δd                                  | změna rozměru                       | [mm]                   |
| V <sub>pmin</sub>                       | minimální vysunutí plunžru          | [mm]                   |
| J <sub>min</sub>                        | minimální kvadratický modul průřezu | [mm <sup>4</sup> ]     |
| A                                       | plocha průřezu                      | [mm <sup>2</sup> ]     |
| λ                                       | štíhlost                            | [-]                    |
| d <sub>č</sub>                          | průměr čepu                         | [mm]                   |
| F                                       | síla                                | [N]                    |
| S                                       | plocha                              | [mm <sup>2</sup> ]     |
| π                                       | konstanta                           | [-]                    |
| m'                                      | vzdálenost                          | [mm]                   |
| e                                       | osová vzdálenost                    | [mm]                   |
| l' <sub>4min</sub> , l' <sub>4max</sub> | upravená délka                      | [mm]                   |
| S <sub>p</sub>                          | plocha plunžru                      | [mm <sup>2</sup> ]     |
| V, V <sub>n</sub>                       | objem                               | [l]                    |
| Q                                       | objemový průtok                     | [l·min <sup>-1</sup> ] |
| t                                       | čas                                 | [s]                    |
| v                                       | rychlost                            | [m·s <sup>-1</sup> ]   |

## 1. Úvod

Tato bakalářská práce má simulovat úkol, se kterým se může strojní konstruktér reálně setkat. Jejím cílem je ukázat příklad uplatnění znalostí získaných během vysokoškolského studia v praxi a metodiku řešení reálného úkolu, který se může vyskytnout třeba při vývoji nového produktu.

## 2. Rozbor zadání a stanovení cílů

V této bakalářské práci navrhuji pohonné členy a jejich implementaci do nůžkového zvedáku pro osobní automobil vhodný pro menší dílny a servisy. Při návrhu vycházím z požadované maximální hmotnosti automobilu, která nemá převýšit 3 tuny, a zvolené výšky zdvihu 1 metr. Jelikož je tato zátěž přenášena na pohonný člen nepřímo skrze nůžkový mechanismus, je potřeba nejprve navrhnout konstrukci zvedáku a přepočítat zatěžující síly, abych z nich mohl následně určit požadavky na hydraulický válec a jeho pohon.

Cíle bakalářské práce:

- Rešerše přímočarých hydromotorů
- Návrh konstrukce zvedáku
- Analýza kinematiky zdvihu
- Výpočet silového zatížení
- Konstrukční návrh hydraulického válce a uchycení v tělese zvedáku
- Výpočet rozměrů hydromotoru a pevnostní kontrola jeho částí včetně uložení
- Určení požadavků na pohon
- Návrh pohonu
- Výkresová dokumentace

## 3. Rešerše přímočarých hydromotorů

Přímočaré hydromotory „jsou nejčastěji používaným pracovním prvkem tekutinových mechanismů, které vyžadují přímočarý pohyb výstupního členu.“ Výhodou přímočarých motorů je poměrně vysoká výstupní síla vůči rozměrům motoru. [1]

### 3.1. Princip funkce přímočarých hydromotorů

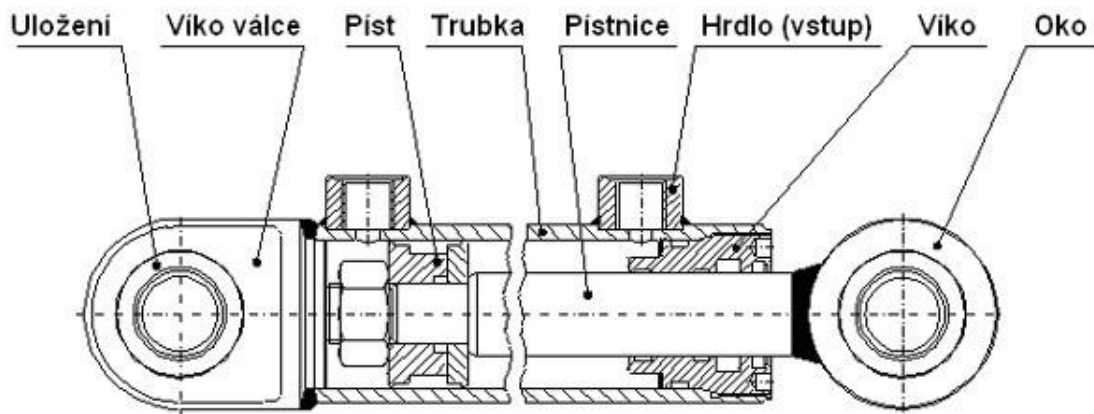
Přímočaré hydromotory jsou pístové motory vykonávající přímočarý vratný pohyb. Princip přímočarého hydromotoru vychází z aplikace Pascalova zákona, jenž udává, že tlak se v kapalině šíří rovnoměrně. Tlak, který se kapalinou přenáší, působí na plochu pístu a vytváří tak sílu, kterou píst vykonává pohyb. Podle zvoleného pohonu (hydrogenerátoru) a velikosti plochy pístu lze vstupní sílu znásobit, vykonaná práce však zůstává stejná. [1]

Podle použití lze přímočaré motory rozdělit do tří skupin [1]:

- motory pro vykonávání pohybů bez nároků na přenos síly (manipulační, dopravní, montážní a podobná zařízení).
- motory pro přenos sil bez nároků na dodržení kinematiky pohybu (tvářecí stroje, pracovní orgány strojů zemních a stavebních apod.)
- motory pro přenos relativně malých sil, ale se zvýrazněnými požadavky na dodržení polohové a rychlostní přesnosti (posuvné mechanismy výrobních strojů, robotů apod.).

### 3.2. Konstrukce přímočarých hydromotorů

„Základními prvky přímočarého motoru jsou válec, píst a pístnice.“ [1] Příklad konstrukce přímočarého hydromotoru je na Obr. 1. Jedná se o dvojčinný přímočarý hydromotor s jednostrannou pístnicí od firmy AMP – Hydraulika s.r.o.



Obr. 1: Schéma přímočarého hydromotoru [2]

#### 3.2.1. Píst

Píst je činný prvek hydromotoru, který převádí tlak provozní kapaliny na výstupní sílu. Vyrábí se obvykle z oceli nebo šedé litiny. Pro většinu motorů je píst samostatným prvkem upevněným na pístnici a je opatřen vodicím kroužkem a těsněním pro zajištění přenosu tlaku. [1]

#### 3.2.2. Pístnice

Pístnice přenáší sílu z pístu na hnaný mechanismus. Pístní tyče jsou vystaveny vnějšímu prostředí, proto jsou povrchově kaleny a/nebo pochromovány, aby se dosáhlo větší odolnosti vůči korozi a mechanickému poškození povrchu a menšího tření ve vedení. Kvůli požadavku na nízkou drsnost povrchu jsou broušeny, což také zlepšuje účinnost těsnění. [1]

### **3.2.3. Válec**

Válec obvykle tvoří přesná bezešvá trubka. Válec je opatřen otvory pro přívod a odtok provozní kapaliny. Vnitřní průměr je broušen (honován) pro lepší geometrickou přesnost a nižší drsnost povrchu, případně i jinak opracován (například válečkováním) za účelem dosažení lepší kvality povrchu, aby docházelo k menšímu opotřebení pístního těsnění. Tuhost válce má největší vliv na tuhost celého hydromotoru, proto je na ni kladen důraz. Jako materiál válce se nikdy nepoužívá šedá litina, jelikož je porézní a může propouštět při vyšším tlaku provozní kapaliny. [1,3]

### **3.2.4. Víko**

Víko válce se obvykle navařuje a válec uzavírá. Průchozí víko válec utěsňuje a slouží k vedení pístnice. Nejčastěji se k válci upevňuje našroubováním na válec nebo přitažením šrouby. Materiálem vík bývá ocel, litina nebo lehký neželezný kov. Víko hydraulického válce je vybaveno těsníci a vodicími kroužky, jakož i stíracím kroužkem k odstranění nečistot a ochraně zejména těsnění. [1]

### **3.2.5. Provozní kapalina**

Hlavní funkcí provozní kapaliny je přenos tlakové síly na píst hydromotoru. Jejimi vedlejšími funkcemi jsou pak mazání a chlazení hydraulického systému. Jako provozní kapalina se nejčastěji používají minerální oleje, případně syntetické kapaliny. [1]

## **3.3. Rozdělení přímočarých hydromotorů**

Základní rozdělení přímočarých hydromotorů je na jednočinné a dvojčinné. Pohyb dvojčinných hydromotorů je vždy řízen provozní kapalinou a vykonávají pracovní zdvih v obou směrech, kdežto u jednočinných motorů je pohyb řízen kapalinou pouze v jednom směru a vratný pohyb pístu je způsoben vlivem vnějšího zatížení, případně zajištěn pružinou. [1,4]

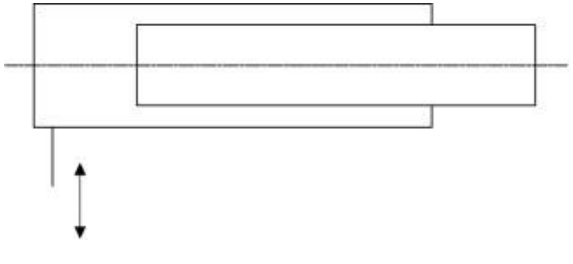
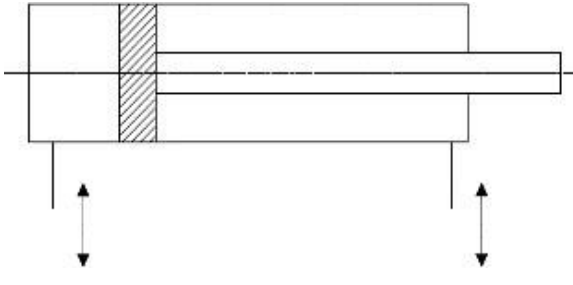
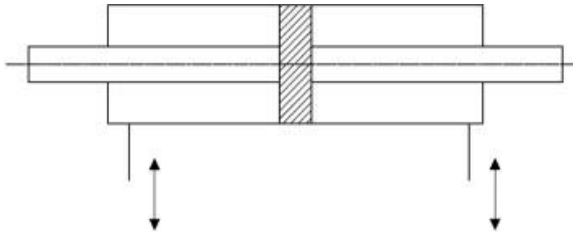
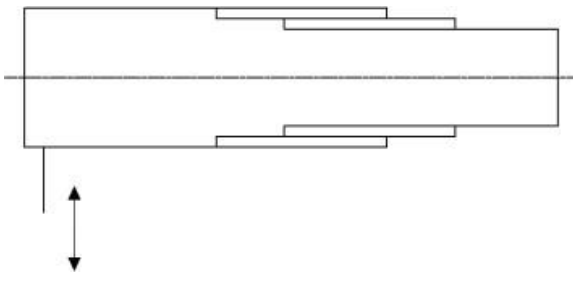
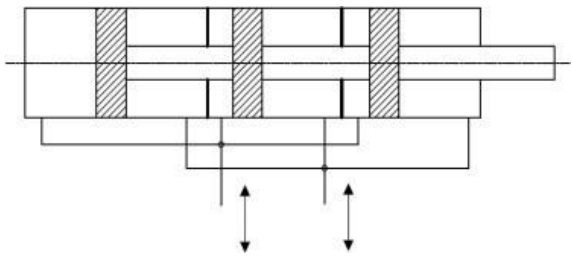
Dále můžeme rozlišit jednostupňové a vícestupňové přímočaré hydromotory. Příkladem vícestupňového přímočarého hydromotoru je teleskopický (Tab. 1), jehož konstrukce zvyšuje dosah zdvihu, avšak s každým vysunutým stupněm se zvyšuje rychlost a snižuje síla vysouvání. Dalším příkladem speciální konstrukce je přímočarý hydromotor ve vícenásobném uspořádání (Tab. 1). Ten umožňuje dosáhnout větších sil oproti klasickému jednostupňovému hydromotoru. [1]

Jako činný prvek se používá buď plný válec (plunžr), nebo píst s pístnicí. Je-li pístnice jednostranná, pak je při zpětném pohybu vyvíjena menší síla. U oboustranné pístnice je

plocha pístu na obou stranách stejná, proto hydromotor vyvíjí při obou pohybech stejnou sílu. [1]

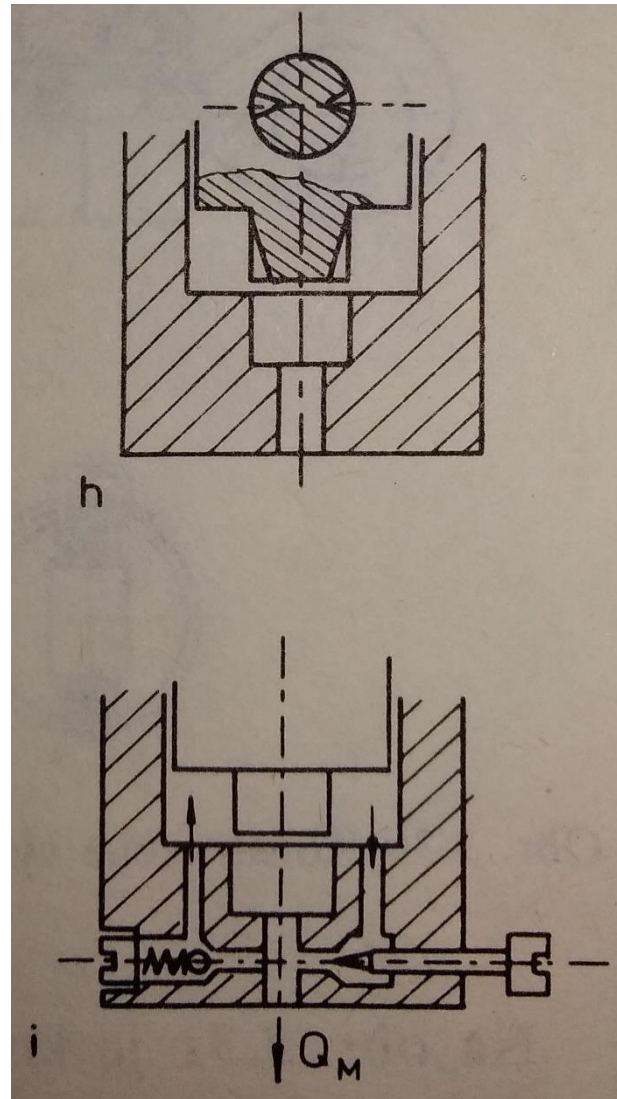
Několik příkladů běžně používaných přímočarých hydromotorů je pro ilustraci uvedeno v následující tabulce:

Tab. 1: Příklady základních přímočarých hydromotorů [1,4]

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Plunžrový                          |    |
| Dvojčinný s jednostrannou pístnicí |   |
| Dvojčinný s oboustrannou pístnicí  |  |
| Teleskopický                       |  |
| Vícenásobný                        |  |

### 3.4. Tlumení rázů hydromotoru

Nejsou-li koncové polohy pohybu pístu dány řízením nebo konstrukcí, ve které je hydraulický válec vsazen, může při pohybu hydromotoru docházet k nárazu pístu na víko válce. Takto způsobené rázy jsou zdrojem hluku a mohou poškozovat hydromotor. Tento problém se řeší zvýšením odporu v koncových polohách zdvihu pístu, což píst zpomalí. Konstrukčně se tak dosáhne přidáním osazení na píst, které pasuje do víka, a pro samotné zpomalení se například vytvoří kanál na osazení pístu nebo se použije škrtkový a jednosměrný ventil (Obr. 2). [1]

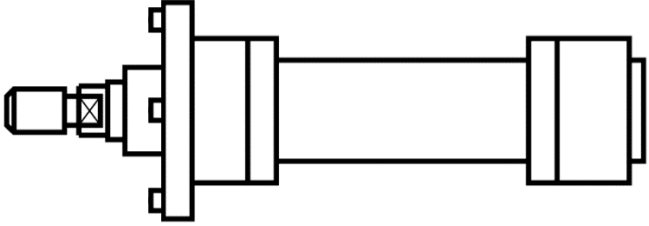
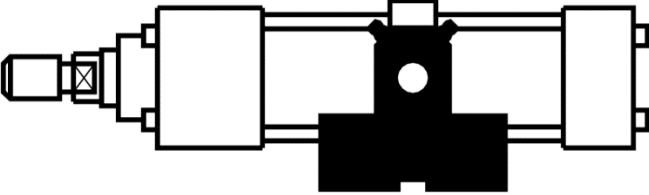
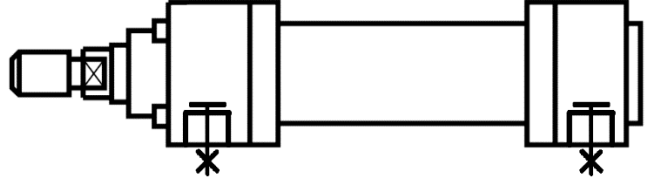
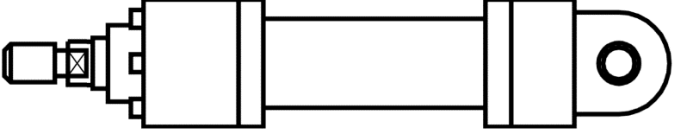
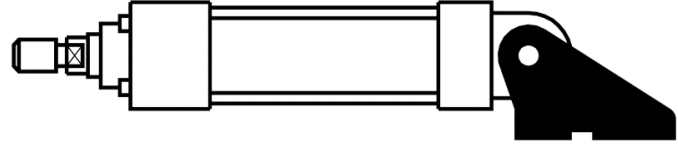


Obr. 2: Příklad konstrukčního řešení tlumení rázů [1]

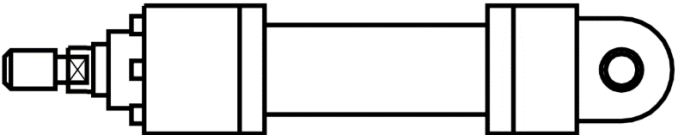
### 3.5. Uchycení hydromotoru

Pro hydromotor se řeší uchycení válce (Tab. 2) a uchycení pístu (Tab. 3). Způsob uchycení hydromotoru závisí na vlastnostech konstrukce, do níž má být hydraulický válec vsazen. Zejména se hledí na způsob pohybu mechanismu a z něj vyplývající požadavky na uchycení (otočnost v uložení, možnost naklápění ad.). [1,5]

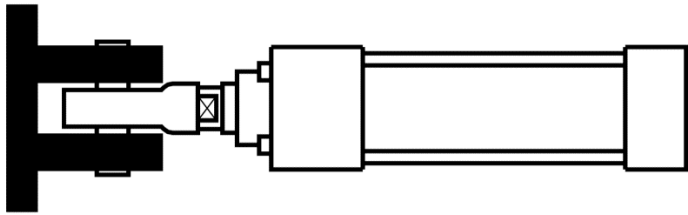
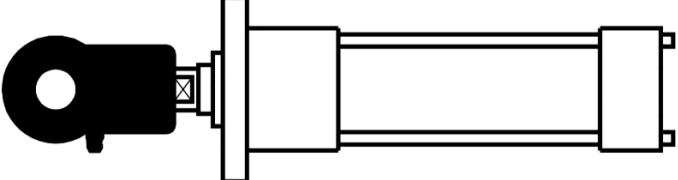
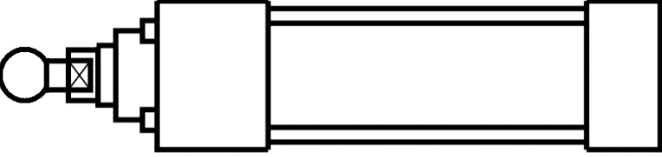
Tab. 2: Varianty uchycení válce [1,5]

|   |  |
|---|--|
| Přírubou  |    |
| Otočnými čepy                                   |    |
| Patkové uchycení                                |   |
| Okem – s kluzným pouzdem nebo kloubným ložiskem |  |
| Otvorem pro čep                                 |  |

Tab. 3: Varianty zakončení pístu [1,5]

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Závitem<br>(vnější/vnitřní) |  |
|-----------------------------|--|



|   |  |
|---|--|
| Otvorem pro čep                                 |  |
| Okem – s kluzným pouzdem nebo kloubným ložiskem |  |
| Koulí – miskové uložení                         |  |



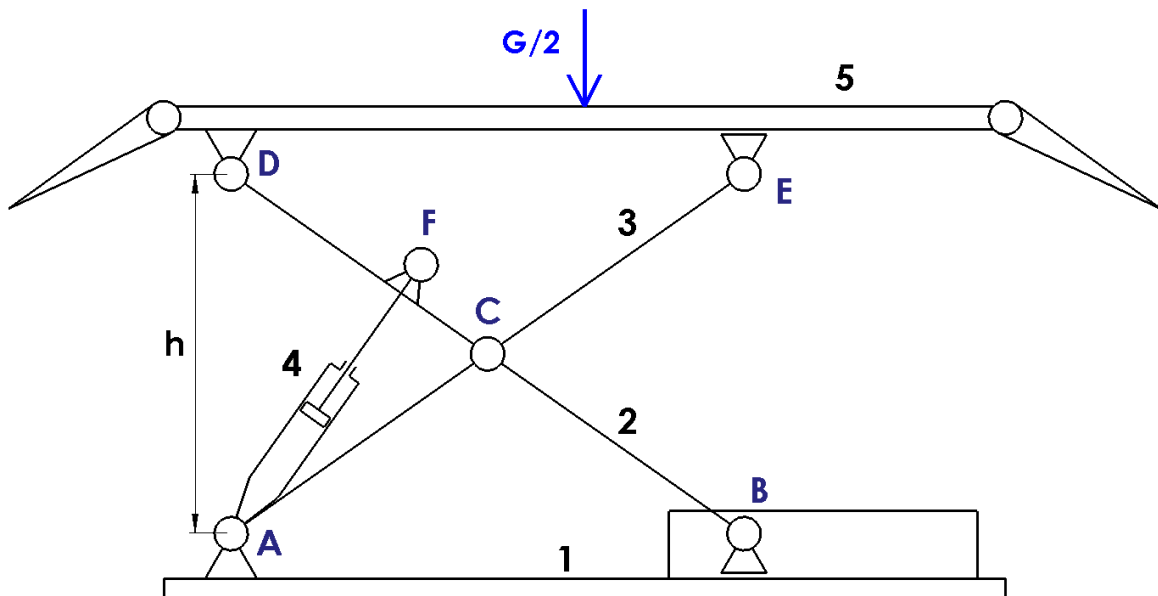
## 4. Volba konstrukce zvedáku

Jako konstrukci volím jednoduchý nůžkový mechanismus s posuvnými čepy na jedné straně. Také by bylo možné zvolit dvojnásobný nůžkový mechanismus, ten jednoduchý je však rozměrově a konstrukčně výhodnější a stačí pro požadovaný zdvih jednoho metru. Celý zvedák jsou pak dvě plošiny s propojenými spodními klouby a každá poháněna jedním válcem.

## 5. Analýza kinematiky zdvihu

### 5.1. Náhradní schéma mechanismu

Pro analýzu pohybu a určení zatěžovací síly je potřeba znát rozměry mechanismu a polohu umístění hydraulického válce. Pro výpočet nahradím skutečný rám zjednodušeným modelem (Obr. 3), s nímž se budu zabývat kinematikou pohybu, přenosem sil a hlavními rozměry včetně polohy čepu pro uchycení pístu. Náhradní model je soustavou tuhých prutů (2,3) a výsuvného členu (4) spojených s plošinou (5) a spodní deskou (1) pevnou a posuvnou kloubovou podpěrou. Úlohu řeším jako statickou, jelikož rychlost vysouvání pístu je dána průtokem čerpadla a vysouvací síla pístu vždy odpovídá velikosti zatěžující síly ( $G$ ) a aktuální poloze, v níž se mechanismus nachází. [6]



Obr. 3: Schéma mechanismu v obecné poloze

### 5.2. Kontrola statické určitosti

Pro určení, zda je náhradní schéma mechanismu správné a snadno řešitelné, provedu kontrolu statické určitosti. Pohyb by měl být pevně daný a v závislosti pouze na poloze členu 4, který mechanismus pohání. Výsledný počet stupňů volnosti (dole) by měl být tedy 1. [6]

Výsuvný člen 4 pro výpočet beru jako dva samostatné členy spojené posuvnou vazbou, proto do rovnice dosazuji za počet členů  $u$  6 namísto 5. Rotační vazby  $r$  jsou

v kloubech D, F, C a v kloubu A jsou vazby dvě, dohromady tedy pět vazeb. Posuvná vazba  $p$  se nachází pouze v členu 4, je tedy jen jedna. Klouby B a E představují posuvně-rotační vazbu, která stejně jako vazba obecná odebírá jeden stupeň volnosti, proto za počet obecných vazeb  $o$  dosazují číslíci dva. Pevné vazby  $vp$  a valivé vazby  $v$  se v mechanismu nenacházejí. [6]

$$i = 3 \cdot (u - 1) - 3 \cdot vp - 2 \cdot (r + p + v) - 1 \cdot o \quad (1)$$

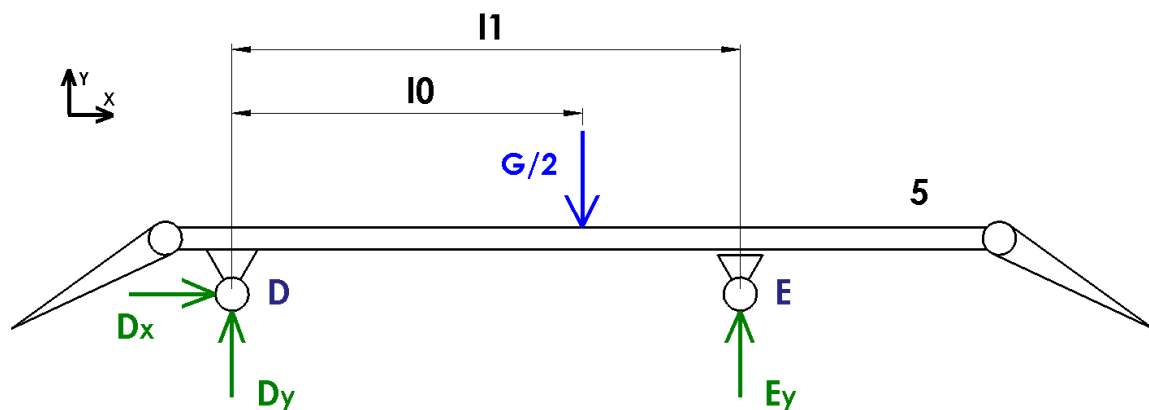
$$i = 3 \cdot (6 - 1) - 3 \cdot 0 - 2 \cdot (5 + 1 + 0) - 1 \cdot 2 = 1$$

Soustava má jeden stupeň volnosti, tudíž je pohyblivá a staticky určitá. [6]

### 5.3. Uvolnění členů

Pro určení reakcí a jejich poměrů provedu uvolnění jednotlivých členů, ke kterým následně sestavím rovnice rovnováhy. [6]

#### Člen 5



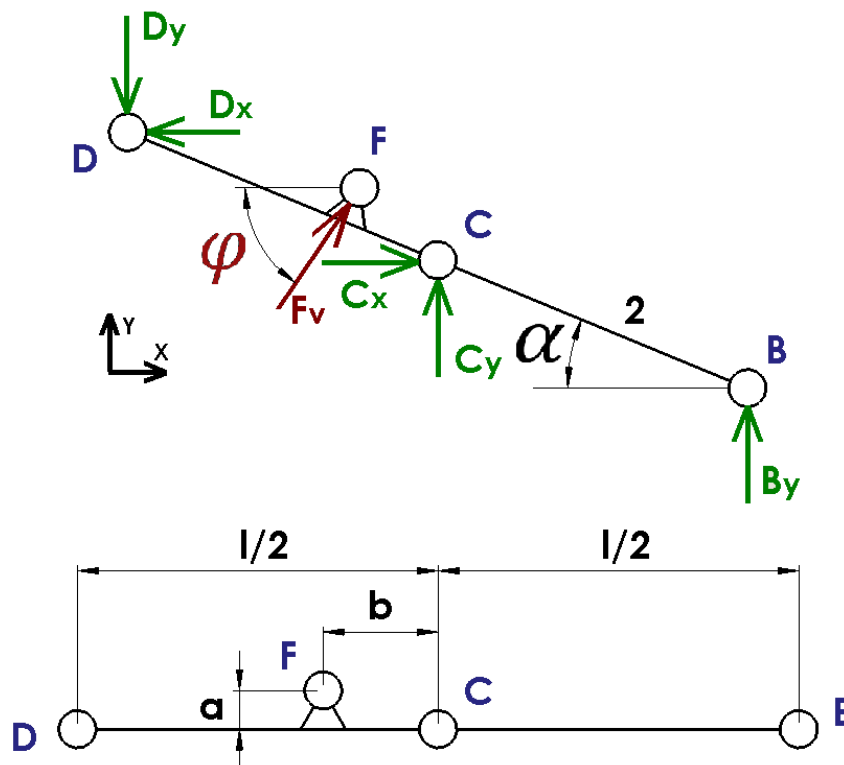
Obr. 4: Uvolnění členu 5

$$x: D_x = 0 \quad (2)$$

$$y: D_y + E_y - \frac{G}{2} = 0 \quad (3)$$

$$M_D: E_y \cdot l_1 - \frac{G}{2} \cdot l_0 = 0 \quad (4)$$

Člen 2



Obr. 5: Uvolnění členu 2

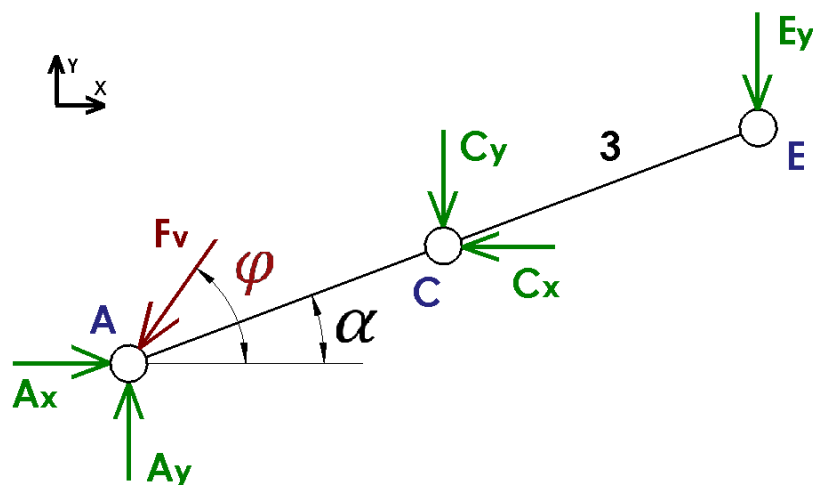
$$x: C_x - D_x + F_v \cdot \cos\varphi = 0 \quad (5)$$

$$y: B_y + C_y - D_y + F_v \cdot \sin\varphi = 0 \quad (6)$$

$$M_C: D_y \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos\alpha + B_y \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos\alpha - F_v \cdot z = 0 \quad (7)$$

$$z = [\sin\varphi \cdot (b \cdot \cos\alpha - a \cdot \sin\alpha) + \cos\varphi \cdot (b \cdot \sin\alpha + a \cdot \cos\alpha)] \quad (8)$$

Člen 3



Obr. 6: Uvolnění členu 3

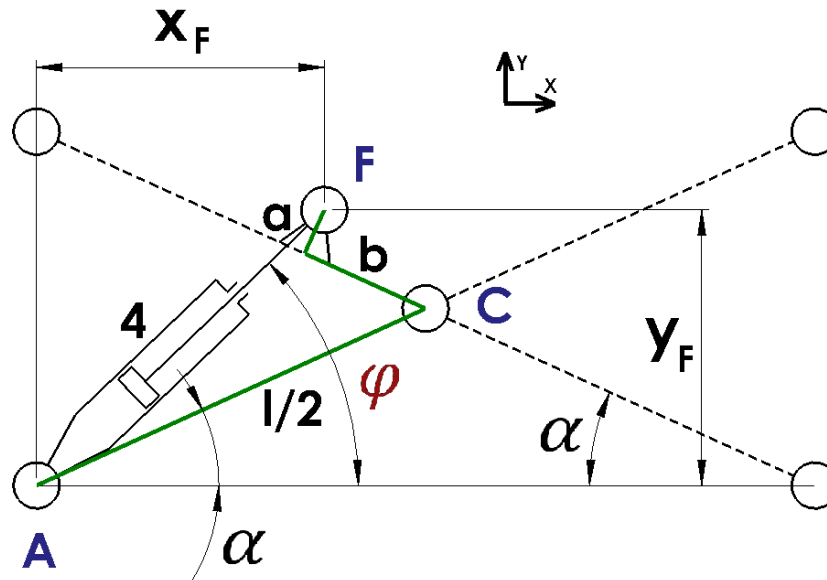
Délka členu 3 je stejná jako členu 2 tedy  $\overline{AE} = l$ ,  $\overline{AC} = l/2$

$$x: A_x - C_x - F_v \cdot \cos\varphi = 0 \quad (9)$$

$$y: A_y - C_y - E_y - F_v \cdot \sin\varphi = 0 \quad (10)$$

$$M_A: C_x \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin\alpha - C_y \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos\alpha - E_y \cdot l \cdot \cos\alpha = 0 \quad (11)$$

#### Člen 4



Obr. 7: Uvolnění členu 4

Jedná se o nezátížený binární člen, který je namáhán pouze tahem/tlakem. Proto nemusím vytvářet rovnice statické rovnováhy, směrnici síly je přímka procházející klouby A a F, síla na oba klouby je v rovnováze. Toto uvolnění mi však pomůže vyjádřit vztahy mezi závislými souřadnicemi. [6]

Proměnnými souřadnicemi v rovnicích rovnováhy jsou vzdálenost  $l_1$ , úhel  $\varphi$  a úhel  $\alpha$ . Jako nezávislou souřadnici volím výšku rozevření nůžek „h“, neboť mám zadaný její rozsah, a ostatní souřadnice označím závislými a vyjádřím je jako funkci této výšky nebo z ní již vyjádřených souřadnic.

$$l_1 = \sqrt{l^2 - h^2} \quad (12)$$

$$\sin\alpha = \frac{h}{l} \quad (13)$$

$$\cos\alpha = \frac{l_1}{l} \quad (14)$$

$$x_F = \left(\frac{l}{2} - b\right) \cdot \cos\alpha + a \cdot \sin\alpha \quad (15)$$

$$y_F = \left(\frac{l}{2} + b\right) \cdot \sin\alpha + a \cdot \cos\alpha \quad (16)$$

$$l_4 = \sqrt{x_F^2 + y_F^2} \quad (17)$$

$$\sin\varphi = \frac{y_F}{l_4} \quad (18)$$

$$\cos\varphi = \frac{x_F}{l_4} \quad (19)$$

#### 5.4. Řešení pohybu mechanismu

Pro řešení soustavy statických rovnic rovnováhy jsem rozhodl použít program MATLAB. Pomocí něj jsem schopen naráz spočítat všechny polohy mechanismu po zvoleném kroku a hodnoty zpracovat do grafu. Abych mohl vytvořit funkční skript, musím nejprve soustavu upravit do maticového tvaru [6]:

$$\underline{A} \cdot \underline{x} = \underline{b}, \text{ kde} \quad (20)$$

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & l_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & \cos\varphi \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & \sin\varphi \\ 0 & 0 & 0,5 \cdot l \cdot \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0,5 \cdot l \cdot \cos\alpha & 0 & -z \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\cos\varphi \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -\sin\varphi \\ 0 & 0 & 0 & 0,5 \cdot l \cdot \sin\alpha & -0,5 \cdot l \cdot \cos\alpha & 0 & 0 & -l \cdot \cos\alpha & 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} A_x \\ A_y \\ B_y \\ C_x \\ C_y \\ D_x \\ D_y \\ E_y \\ F_v \end{bmatrix} \quad \underline{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ G \\ \frac{G}{2} \\ \frac{G}{2} \cdot l_0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

#### Výsledný skript v MATLABu

```
clear all
close all
clc

% VSTUPNI DATA
h0=0.12; % [m] pocatecni vyska rozevreni - spodni poloha
l=1.6; % [m] delka ramene nuzek
a=0.08; % [m]
b=0.2; % [m]
l0=0.75; % [m]
m=3000; % [kg] hmotnost auta
g=9.81; % [N/kg] tihove zrychleni
G=m*g;

B=[0; G/2; (G/2)*l0; 0; 0; 0; 0; 0; 0]; % vektor prave strany

% pripraveni matic pro ukladani vysledku
Fv=[];
L4=[];

for h=h0:0.05:h0+1 % krokovani do zdvihu 1m
```



```
% vypocet zavislych souradnic pro dosazeni do matice
l1=sqrt(1^2-h^2);
salfa=h/l1;
calfa=l1/l1;
xF=(1/2-b)*calfa+a*salfa;
yF=(1/2+b)*salfa+a*calfa;
l4=sqrt(xF^2+yF^2);
sfi=yF/l4;
cfi=xF/l4;
z=sfi*(b*calfa-a*salfa)+cfi*(b*salfa+a*calfa);

A=[ 0      0      0      0      0      0      1
    0      0      0      0;      0      0      0      0
    1      1      0;      0      0      0      0
    0      0      11     0;      0      0      0      0
    0      0      0      0;      1      0      0     -1
    0      0      cfi;      0      1      0      0
    0      0      1      sfi;      0      0      0      0
    -1     0      (1/2)*calfa  0;      0      0      0      0
    0      0      (1/2)*calfa  0      -z;
    1      0      0      -1;      0      0      0      0
    0      0      -cfi;
    0      1      0      0;      0      -1      0      0
    0      -1     -sfi;
    0      0      0      (1/2)*salfa  -(1/2)*calfa  0
    0     -1*calfa  0];

% reseni soustavy linearnich rovnic
x=A\B;

% extrahovani sily pistu a delky clenu 4 z vektoru vysledku
Fv=[Fv; x(9)];
L4=[L4; l4];

end

% hledani maximalniho zatizeni pro dimenzovani valce
Fvmax=max(Fv);

% vykresleni prubehu zatizeni pistu
h=h0:0.05:h0+1;
figure
plot(h,Fv,'b')
ylim([0 Fvmax*1.1])
xlim([h0 h0+1])
title('Průběh zatížení pistu')
xlabel('výška zdvihu [m]'), ylabel('síla pistu [N]')
legend('Fv(h)')

% zdvih pistu a delka
l4max=max(L4);
l4min=min(L4);
zp=l4max-l4min;
```

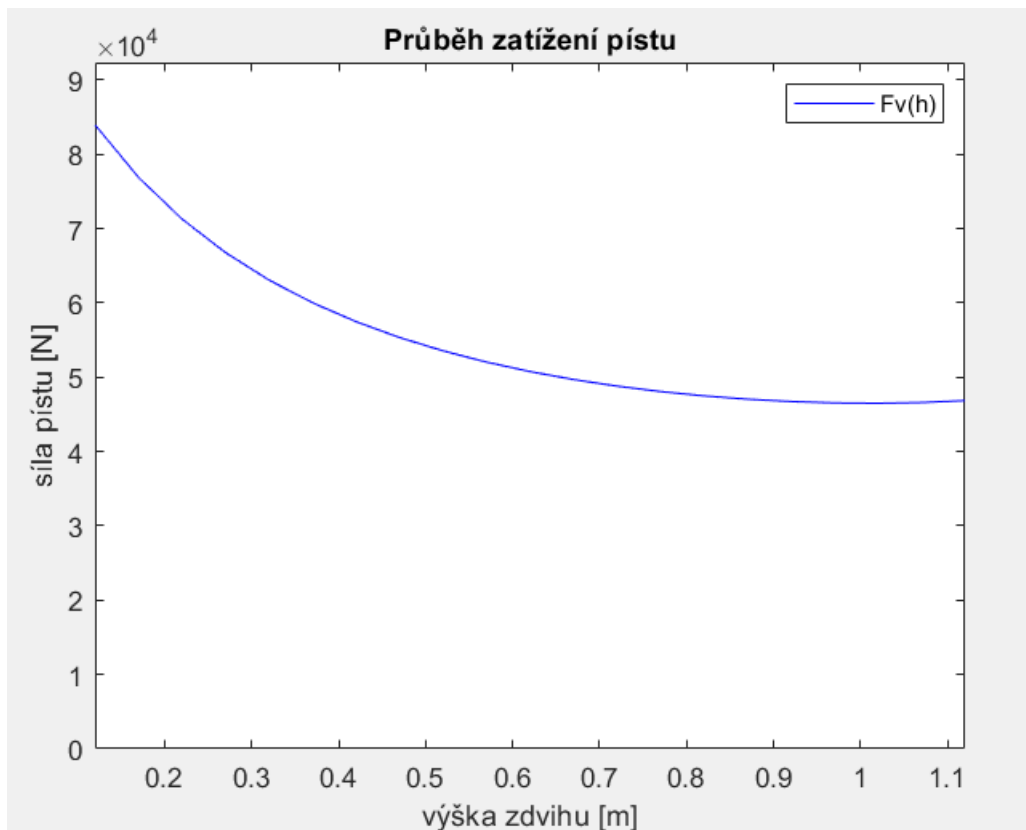
```

fprintf('maximální síla pístu %f [N]\n', Fvmax);
fprintf('zdvih pístu %f [m]\n', zp);
fprintf('nejkratší délka pístního členu %f [m]\n', l4min);
fprintf('největší délka pístního členu %f [m]\n', l4max);
  
```

Jelikož řeším pouze kompletní návrh hydromotoru, nikoliv celé konstrukce zvedáku, z vypočtených reakcí jsem v cyklu „for“ uložil pouze velikost vysouvací síly pístu  $F_v$ .

Konkrétní rozměry jsem volil přibližně a poté upravil tak, abych dosáhl požadovaného zdvihu konstrukce a zároveň kladl přiměřené nároky na rozsah pohybu nůžek (vzdálenost podpěr  $l_1$ ) a též hydraulického válce, aby odpovídající délka zdvihu pístního členu nepřesahovala jeho minimální délku v krajní poloze ( $l_{4min} > 1,5 * z_p$ ), tedy aby byl zaručen dostačující výsuv pístu. Také jsem se snažil co nejméně navyšovat maximální sílu pístu. Poloha zatěžovací síly  $l_0$  nemá vliv na velikost síly pístu, ovlivňuje pouze namáhání v konstrukci.

Vykreslený průběh zatížení je na Obr. 8. Výsledná maximální vysouvací síla je  $F_{vmax} = 83\,966$  N. Délka vysunutí pístu mezi krajními polohami je  $z_p = 275$  mm. Minimální délka celého pístního členu v krajní poloze je  $l_{4min} = 624$  mm a jeho maximální délka je  $l_{4max} = 899$  mm. Při tvorbě konstrukce je nutno tyto rozměry respektovat.



Obr. 8: Průběh zatížení pístu

## 6. Volba provedení hydromotoru

Jelikož bude píst zatěžován pouze v jednom směru, volím jednočinný typ konstrukce hydromotoru. Návrat do zasunuté polohy bude zajištěn tíhou auta a zvedáku. Jelikož bude pohyb pístu omezen konstrukcí, není potřeba řešit tlumení rázů ani doraz na víko.

Uložení bude v čepch pomocí jednoduchých děr, jelikož konstrukce zvedáku zajišťuje rovinný pohyb bez naklápění. Čep válce bude umístěn mimo spodní kloub nůžek, kterým je běžně trubka s vedenou hydraulikou, a hydraulický válec bude o toto umístění čepu kratší.

## 7. Návrhové výpočty hlavních konstrukčních rozměrů

### 7.1. Síla pístu

Pro dimenzování zdvižné síly je potřeba počítat s tíhou samotné konstrukce, aby byla bezpečně zaručena jmenovitá maximální nosnost 3 tuny. Vypočtenou maximální výsuvnou sílu pístu proto ještě vynásobím koeficientem překonání tíhy konstrukce a pasivních odporů  $k_1$ , jehož velikost volím 1,2, abych získal jmenovitou sílu pístu  $F_p$ . Velikost tohoto koeficientu nevolím velkou, jelikož není bezpečností, pouze nahrazuje vliv tíhy a odporů konstrukce zvedáku, jejímž kompletním návrhem se v rámci této bakalářské práce nezabývám, a zajišťuje dosažení výchozího parametru zátěže. Případné překročení nosnosti po provedení zdvihu je řešeno bezpečností v pevnostních výpočtech.

$$F_p = F_{vmax} \cdot k_1 = 83\,966 \cdot 1,2 = 100\,759 \text{ N} \quad (21)$$

### 7.2. Provozní tlak

Síla pístu je dána jeho plochou a tlakem kapaliny ve válci (Pascalův zákon), přičemž její požadovanou velikost již znám. Průměr pístu tedy určím zvolením tlaku dodávaného čerpadlem. Většina přímočarých hydromotorů pracuje do tlaku 30MPa a je nejčastěji poháněna zubovým čerpadlem. Tlak provozní kapaliny volím okolo 20 MPa. [1]

### 7.3. Průměr pístu

Průměr pístu se spočítá vztahem [1]:

$$d = \sqrt{\frac{k_t \cdot 4 \cdot F_p}{\pi \cdot p_k}} \quad (22)$$

Součinitel  $k_t$  vyjadřující vliv třecích odporů těsnění pístu a pístnice se dle literatury volí 1,2 až 1,4. [1] V současnosti však mají kvalitní těsnění a vodící kroužky velmi dobré kluzné vlastnosti, proto jeho velikost určím 1,1, což bude pravděpodobně více odpovídat realitě. Jelikož se opět nejedná o bezpečnostní součinitel, není snaha volit ho větší.

Podle tohoto vzorce jsem pro vybrané tlaky sestavil tabulku odpovídajících průměrů pístu (Tab. 4:Tabulka):



*Tab. 4: Tabulka tlaků a odpovídajících průměrů pístu*

| tlak ve válci $p_k$ |       | průměr pístu $d$ |
|---------------------|-------|------------------|
| [MPa]               | [bar] | [mm]             |
| 22                  | 220   | 80,09            |
| 20                  | 200   | 84,00            |
| 18                  | 180   | 88,54            |

Volím vnější průměr pístu  $d = 80$  mm. Tento průměr je též vnitřním průměrem válce.

#### 7.4. Skutečný provozní tlak

Tlak ve válci vyjádřím ze vztahu pro výpočet průměru pístu (nahore):

$$p_k = \frac{k_t \cdot 4 \cdot F_p}{\pi \cdot d^2} = \frac{1,1 \cdot 4 \cdot 100\,759}{\pi \cdot 80^2} = 22,05 \text{ MPa} \quad (23)$$

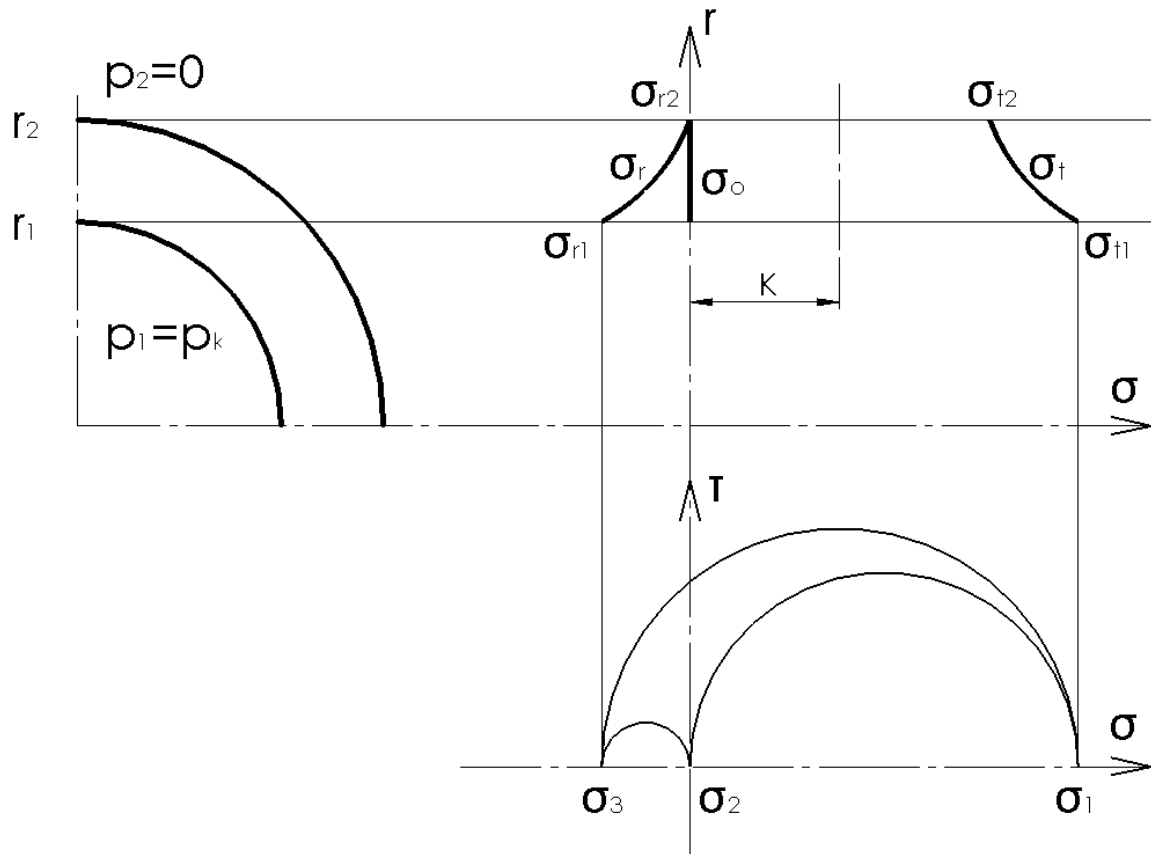
#### 7.5. Vnější průměr válce

Válec řeším jako tlustostěnnou nádobu. Jelikož osová síla vyvolaná vnitřním tlakem je zachytávána na jedné straně čepem uložení a na druhé straně pístem, stěna válce nepřenáší žádnou osovou sílu a z hlediska namáhání se jedná o případ otevřené nádoby. [7]

#### Odhad napětí

Radiální napětí má opačnou velikost tlaku, proto ho určím v krajních polohách jako tlak kapaliny/okolí a propojím hyperbolickým průběhem s asymptotou v ose válce. Druhou asymptotu spočítám podle rovnice jako  $K$ , pro odhad ji však nemusím počítat přesně, jelikož chci pouze určit maximální napětí. Její umístění odhadnu podle průběhu radiálního napětí. Tečné napětí je vzhledem k této asymptotě symetrické radiálnímu napětí. Osově napětí je nulové. [7]

Ze zobrazení odhadu napětí (Obr. 9) lze vidět, že největší rozdíl v napětí se nachází na vnitřní straně válce. Podle toho dosadím do rovnice pro výpočet redukovaného napětí.



Obr. 9: Odhad napětí v nádobě

Dosazované hodnoty

$$r_1 = \frac{d}{2}, r_2 = \frac{D}{2}, p_1 = p_k, p_2 = 0$$

Rovnice napětí [7]

$$K = \frac{p_1 \cdot r_1^2 - p_2 \cdot r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} = \frac{p_k \cdot d^2}{D^2 - d^2} \quad (24)$$

$$\sigma_r = K - \frac{C}{r^2} = -p \quad (25)$$

$$\sigma_t = K + \frac{C}{r^2} = 2 \cdot K + p \quad (26)$$

$$\sigma_o = 0 \quad (27)$$

**Výpočet namáhání**

V místě největšího napětí vyjádřím rovnici napětí redukované a dosadím za členy. Nakonec vyjádřím z pevnostní podmínky podle Trescy vnější průměr válce. [7]

Redukované napětí [7]

$$\sigma_{red} = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_{t1} - \sigma_{r1} = 2 \cdot K + p_1 - (-p_1) = 2 \cdot (K + p_1) \quad (28)$$

$$\sigma_{red} = 2 \cdot \left( \frac{p_k \cdot d^2}{D^2 - d^2} + p_k \right) \leq \sigma_D \quad (29)$$

### Volba materiálu válce

Pro usnadnění výroby volím jako polotovary pro válec přesnou bezešvou trubku s již připraveným vnitřním průměrem pro píst. [3] Její materiál je ocel 11 523 s následujícími parametry [8]:

mez kluzu:  $R_e = 333 \text{ MPa}$

součinitel zatížení pro míjivé namáhání:  $c_{II} = 0,7$

součinitel bezpečnosti volím:  $k = 2$

modul pružnosti:  $E = 210\,000 \text{ MPa}$

Poissonovo číslo:  $\nu = 0,3$

### Dovolené napětí [8,9]

$$\sigma_D = c_{II} \cdot \frac{R_e}{k} = 0,7 \cdot \frac{333}{2} = 116,55 \text{ MPa} \quad (30)$$

### Vnější průměr válce

Z pevnostní podmínky podle Trescy (nahore) lze vyjádřit následující vzorec:

$$D \geq \sqrt{d^2 \cdot \left(1 + \frac{p_k}{0,5 \cdot \sigma_D - p_k}\right)} = \sqrt{80^2 \cdot \left(1 + \frac{22,05}{0,5 \cdot 116,55 - 22,05}\right)} = 101,47 \text{ mm} \quad (31)$$

Volím vnější průměr válce  $D = 110 \text{ mm}$ .

### 7.6. Změna vnitřního průměru válce vlivem tlaku kapaliny [7]

$$\Delta r = r \cdot \varepsilon_t = \frac{r}{E} \cdot [\sigma_t - \nu \cdot (\sigma_o + \sigma_r)] = \frac{r}{E} \cdot [2 \cdot K + p - \nu \cdot (0 - p)] \quad (32)$$

dosazují:

$$r = \frac{d}{2}, \quad \Delta r = \frac{\Delta d}{2}, \quad p = p_k$$

$$\Delta d = \frac{d}{E} \cdot \left[ p_k \cdot \left( \frac{2 \cdot d^2}{D^2 - d^2} + 1 + \nu \right) \right] \quad (33)$$

$$\Delta d = \frac{80}{210\,000} \cdot \left[ 22,05 \cdot \left( \frac{2 \cdot 80^2}{110^2 - 80^2} + 1 + 0,3 \right) \right]$$

$$\Delta d = 0,0298 \text{ mm}$$

### 7.7. Kontrola namáhání pístnice

Jelikož se jedná o jednočinný hydromotor, pístnice a píst jsou jednou součástí s vnějším průměrem rovným vnitřnímu průměru válce.

### 7.7.1. Kontrola na vzpěr

Zdvih pístu z analýzy kinematiky mechanismu vyšel  $z_p = 275$  mm. Maximální délku vysunutí určím jako součet délky zdvihu a minimálního vysunutí plunžru vzhledem k vodícímu kroužku, kterou volím odhadem jako  $v_{pmin} = 100$  mm.

$$l = z_p + v_{pmin} = 275 + 100 = 375 \text{ mm} \quad (34)$$

**Štíhlost vysunutého plunžru [8,10]**

$$J_{min} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (35)$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (36)$$

$$\lambda = \frac{l}{\sqrt{\frac{J_{min}}{A}}} = \frac{l}{\sqrt{\frac{d^2}{16}}} = \frac{375}{\sqrt{\frac{80^2}{16}}} = 18,75 \quad (37)$$

$$\lambda = 18,75 < 20 \quad (38)$$

Plunžr má malou štíhlost a je namáhán pouze čistým tlakem. [8]

### 7.7.2. Kontrola na tlak

**Volba materiálu plunžru**

Polotovarem pro plunžr jsem zvolil povrchově indukčně kalenou a chromovanou pístní tyč z materiálu CK45 (12 050) [11]. Parametry materiálu jsou [8]:

mez kluzu:  $R_e = 305$  MPa

součinitel zatížení pro míjivé namáhání:  $c_{II} = 0,7$

součinitel bezpečnosti volím:  $k = 2$

**Dovolené napětí [8,9]**

$$\sigma_D = c_{II} \cdot \frac{R_e}{k} = 0,7 \cdot \frac{305}{2} = 106,75 \text{ MPa} \quad (39)$$

**Kontrola namáhání**

$$\sigma_a = p_k = 22,05 \text{ MPa} < \sigma_D = 106,75 \text{ MPa} \quad (40)$$

Plunžr vyhovuje z hlediska tlakového namáhání.

### 7.8. Kontrola čepů pro uložení hydraulického válce

**Volba materiálu čepů**

Volím materiál 11 600 s následujícími parametry [8]:

mez kluzu:  $R_e = 295$  MPa

součinitel zatížení pro míjivé namáhání:  $c_{II} = 0,75$

součinitel bezpečnosti volím:  $k = 2$

**Dovolené napětí [8,9]**

$$\sigma_D = c_{II} \cdot \frac{R_e}{k} = 0,75 \cdot \frac{295}{2} = 110,63 \text{ MPa} \quad (41)$$

Dovolený tlak pro kontrolu otláčení volím menší než dovolené napětí v tahu/tlaku  $\sigma_d$ ,  $p_D = 80 \text{ MPa}$ . Dovolené napětí ve smyku je pro materiál 11 600 a míjivé zatížení  $\tau_{DII} = 70 \text{ MPa}$ . [8]

**Rozměry čepu a uložení**

Průměr čepů volím  $d_\zeta = 50 \text{ mm}$  a minimální délku opření uložení  $b = 30 \text{ mm}$ .

**Kontrola na smyk [8,9]**

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot F_p}{\pi \cdot d_\zeta^2} = \frac{4 \cdot 110\,835}{\pi \cdot 50^2} = 56,45 \text{ MPa} < \tau_{DII} = 70 \text{ MPa} \quad (42)$$

**Kontrola na otláčení [9]**

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_p}{d_\zeta \cdot b} = \frac{110\,835}{50 \cdot 30} = 73,89 \text{ MPa} < p_D = 80 \text{ MPa} \quad (43)$$

Čep vyhovuje na oba způsoby namáhání.

**7.9. Délka hydraulického válce**

Jelikož čep není umístěn přímo v kloubu mechanismu, je potřeba přepočítat minimální/maximální délku hydraulického válce, tedy krajní polohy, které musí výsledná konstrukce hydromotoru umožňovat. Zjistím je jednoduše tak, že od hodnot získaných z analýzy pohybu v prostředí MATLAB odečtu osovou vzdálenost mezi kloubem a čepem. Tu určím jako součet poloměru trubky tvořící kloub  $r_t$ , poloměru oka válce, který volím stejný jako průměr čepu  $d_\zeta$ , a mezery mezi těmito součástmi  $m'$ . Velikost mezery volím a poloměr trubky také, jelikož ho neznám.

Osová vzdálenost

$$e = r_t + d_\zeta + m' = 40 + 50 + 10 = 100 \text{ mm} \quad (44)$$

Maximální délka při úplném zasunutí

$$l'_{4min} = l_{4min} - e = 624 - 100 = 524 \text{ mm} \quad (45)$$

Minimální délka při úplném vysunutí

$$l'_{4max} = l_{4max} - e = 899 - 100 = 799 \text{ mm} \quad (46)$$

**8. Volba nevyráběných součástí**

Pro vyráběný hydraulický válec je potřeba zajistit kluzné vedení plunžru, aby nedocházelo ke zbytečnému tření a odírání součástí. Dále je potřeba zajistit zejména dobré utěsnění pístním kroužkem, aby provozní kapalina tlačila na plunžr a neprosakovala okolo něj při velkém zatížení. Jelikož se jedná o jednočinný hydromotor, musí být část bez provozní kapaliny otevřená. Aby se zamezilo zanesení vnitřního prostoru válce a došlo ke

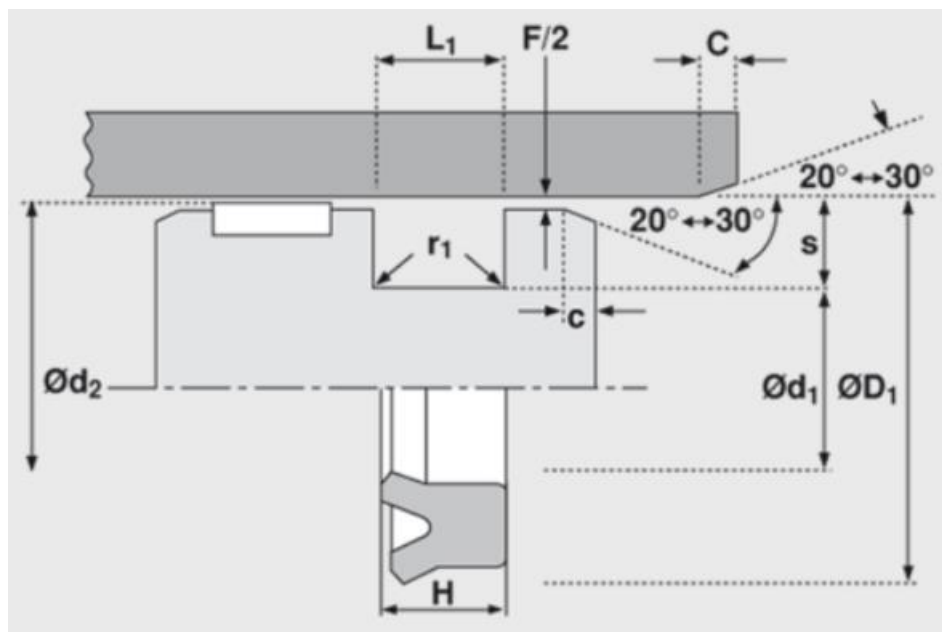
ztišení vzduchu proudícího při pohybu pístu (to platí spíše pro dvojčinné konstrukce použité jako jednočinné), přidává se do konstrukce odvodušňovací ventil.

### 8.1. Volba těsnění

Pro jednoduchost při objednávání dílů pro výrobu jsem se rozhodl všechna těsnění vybrat u jednoho výrobce. Jako tohoto výrobce jsem zvolil firmu HENNLICH s.r.o., jelikož nabízí dostatečně širokou škálu hydraulických těsnění i vodicích kroužků/pásů pro navržený hydraulický válec. [12]

#### Plunžr – Válec

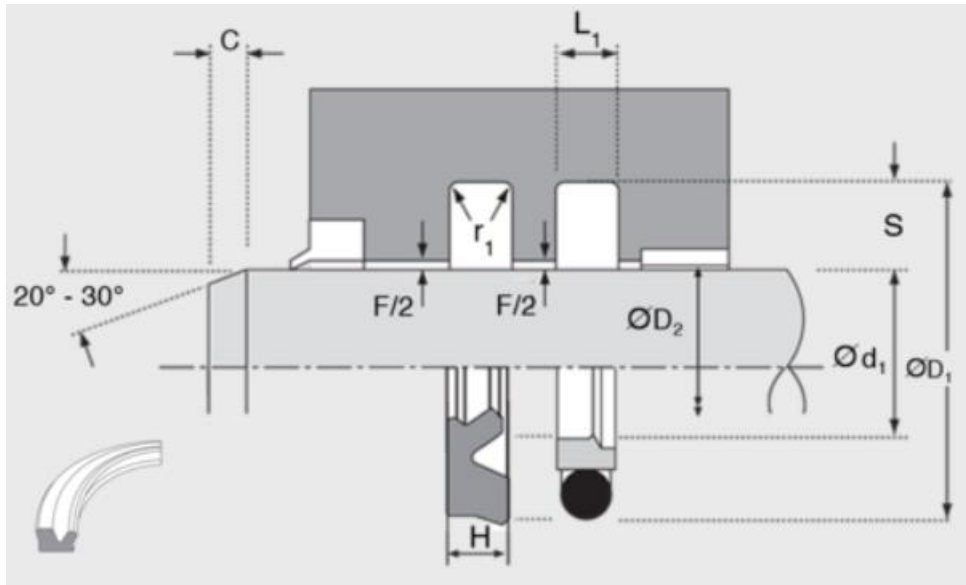
Zvolil jsem těsnění K 606 (Obr. 10) Obr. 10: Těsnění K 606 . „Manžety typu K 606 se doporučují pro lehká a středně těžká použití jako jednostranně působící pístní těsnění.“ „Předpokladem je, aby nevznikaly žádné tlakové rázy a aby rychlost zdvihu byla malá.“ V parametrech těsnění je pro rychlosti pohybu do 0,15 m/s maximální tlak použití uveden 400 bar při teplotním rozsahu do 80 °C. Toto těsnění tedy zajišťuje dobrou rezervu při použití. [12]



Obr. 10: Těsnění K 606 [12]

#### Plunžr – Víko

Zvolil jsem těsnění S 616 (Obr. 11). Toto pístnicové těsnění nebude zatěžováno tlakem ve válci, slouží však k udržení drobné vrstvy provozní kapaliny na plunžru, a tedy zajištění dobrého kluzu. [12]



Obr. 11: Těsnění S 616 [12]

### Víko – Válec

Jako statické těsnění mezi průchozím víkem a válcem volím O-kroužek, neboť opět nebude zatěžován tlakem provozní kapaliny a slouží pouze k zajištění, že bude vzduch při pohybu plunžru proudit skrze odvěšňovací ventil, a nikoliv přes závit tohoto spojení.

### Stírací kroužek

Stírací kroužek slouží k ochraně vnitřního prostoru před vniknutím nečistot, díky čemuž například nedochází ke snižování životnosti těsnění a vedení, nebo nadměrnému poškozování pístnice (plunžru). Zvolil jsem typ kroužku A 31. [12]

## 8.2. Volba vodících kroužků

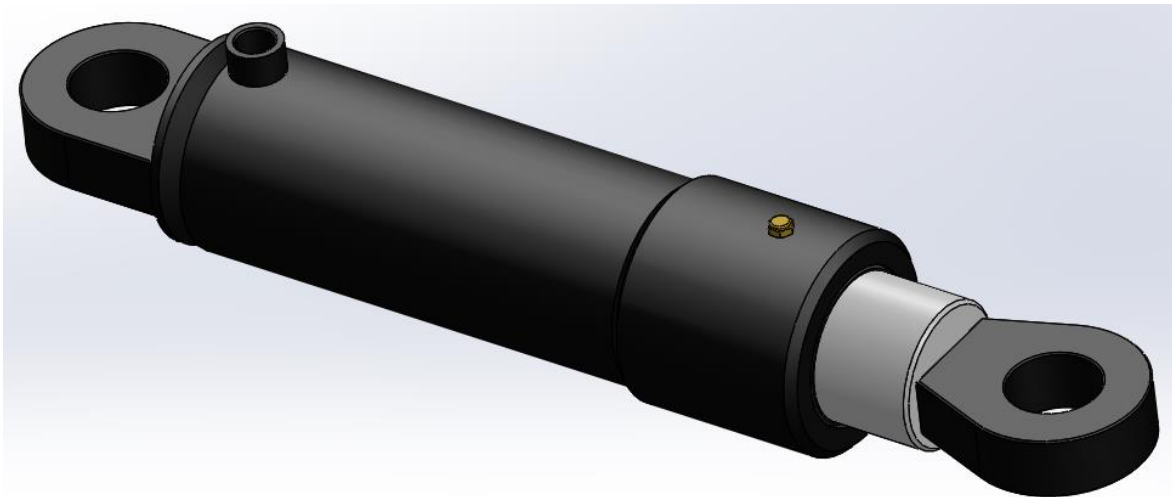
Pro vedení pístu jsem zvolil vodící pás F 87 z PTFE a bronzu. Dle tvrzení výrobce má nepatrné tření a jelikož se jedná o pás, mohu ho použít pro kroužek na plunžru i ve víku. [12]

## 8.3. Výběr odvěšnění

Jelikož je odvěšňovaný prostor v podstatě jen vůlí mezi plunžrem a stěnou válce a průtok vzduchu bude minimální, je snahou zvolit rozměrově co nejmenší ventil. V internetových prodejnách se mi podařilo najít ventil se závitem 1/8 palce. [13]

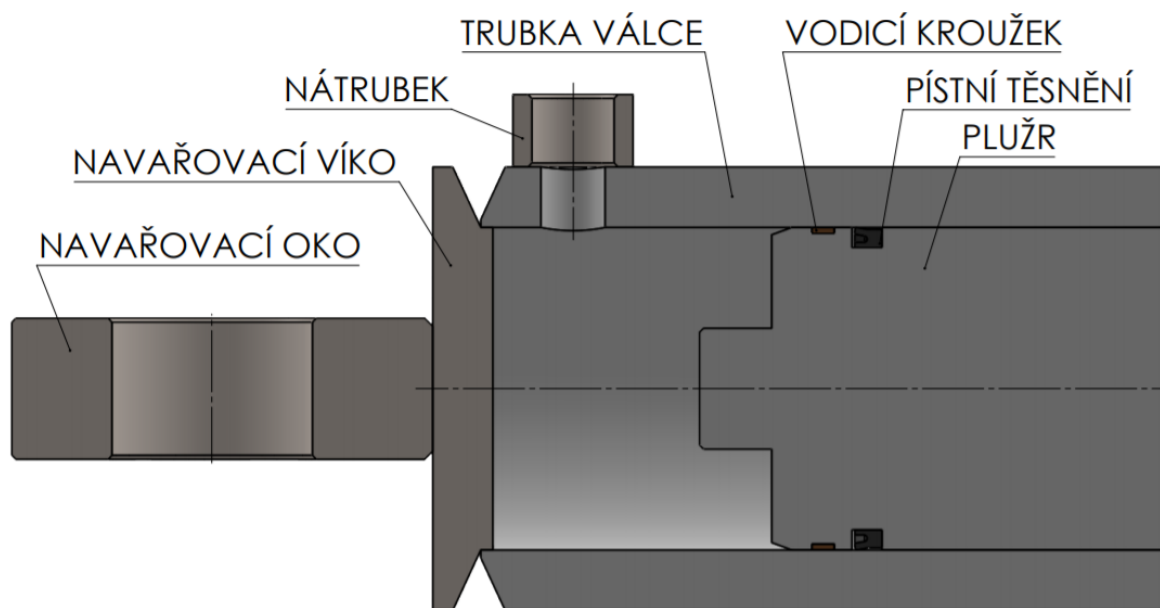
## 9. Navržený hydraulický válec

Poté, co jsem provedl výpočet a návrh hlavních rozměrů hydromotoru a vybral nevyráběné díly, jsem vytvořil 3D modely součástí v CAD softwaru SolidWorks a zhotovil výkresovou dokumentaci (Příloha 1). Model navrženého hydraulického válce je na Obr. 12. Celková hmotnost jednoho válce je přibližně 35 kg.



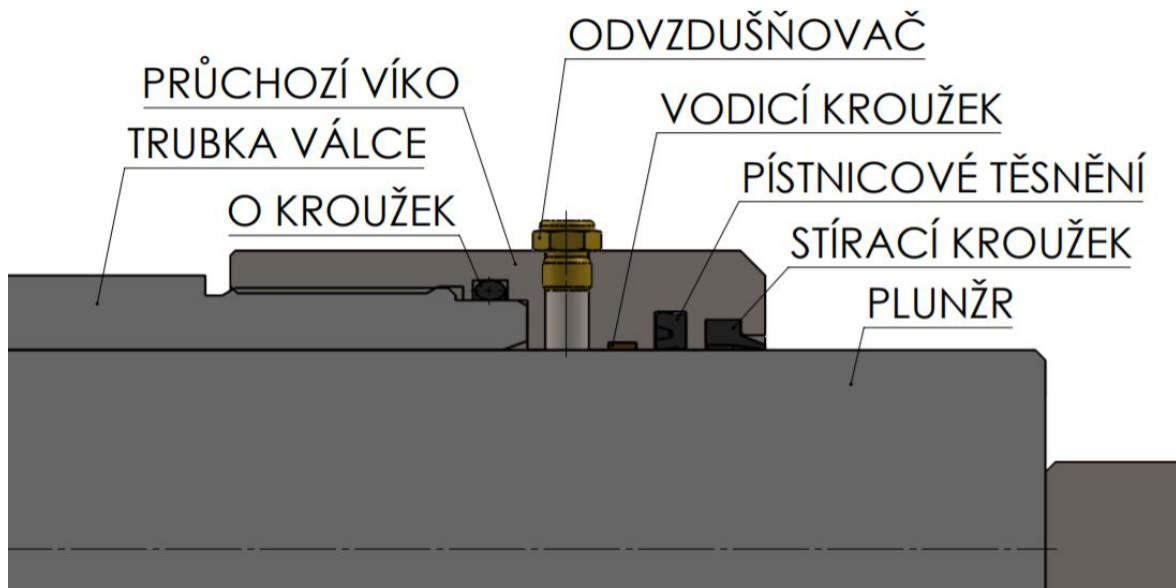
Obr. 12: Navržený hydraulický válec

Pro lepší představu o umístění jednotlivých dílů, těsnění a vodicích kroužků, je na obrázcích Obr. 13 a Obr. 14 vyobrazen řez modelem sestavy (bez svarových spojů).



Obr. 13: Řez hydraulickým válcem - zadní část





*Obr. 14: Řez hydraulickým válcem - přední část*

Montáž hydraulického válce proběhne tak, že se nejprve do průchozího víka vloží všechny kroužky a prostrčí se jím plunžr. Na něj se následně nasadí vodící kroužek a pístní těsnění a společně s víkem se vloží do válce. Víko se našroubuje a umístí se do něj odvzdušnění. Po dotažení víka se válec s průchozím víkem a navařovací oko plunžru natrou barvou pro ochranu před korozí.

## 10. Návrh pohonu

Pohonem je hydraulický agregát, tedy sestava čerpadla, motoru a nádrže. Hlavní parametry určující výběr konkrétní sestavy jsou provozní tlak, který byl již vypočten z maximální zatěžující síly a zvoleného průměru plunžru jako  $p_k = 22,05 \text{ MPa}$ , objem nádrže, která musí poskytnout dostatečné množství provozní kapaliny pro zdvih hydraulického válce, a nakonec jmenovitý objemový průtok, určující rychlost výsuvu plunžru, tudíž i rychlost zdvihu celého mechanismu. Jelikož poslední dva parametry zatím neznám, výpočtu je.

### 10.1. Objem nádrže

Pro návrh pracovního objemu nádrže  $V_n$  neuvažuji objem hydraulického rozvodu ani nečinný prostor válce. Ty se zaplní při uvedení do provozu. Do výpočtu zahrnu pouze zdvih hydromotoru, přičemž nesmím zapomenout, že jsou v konstrukci zvedáku umístěny celkem dva hydraulické válce. Výsledek převedu na litry.

$$V_n > V = 2 \cdot z_p \cdot S_p = 2 \cdot z_p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot 275 \cdot \frac{\pi \cdot 80^2}{4} \cdot 10^{-6} = 2,765 \text{ l} \quad (47)$$

### 10.2. Objemový průtok

Objemový průtok agregátu se zubovým čerpadlem je přibližně konstantní i se změnou tlaku pracovní kapaliny. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl jmenovitý objemový průtok

agregátu určit podle času, za který má být celý zdvih proveden. Jako přiměřenou dobu pro zdvih auta do 1 m výšky jsem určil přibližně 20 vteřin. Výsledek ještě vynásobím číslem 60, aby konečnými jednotkami byly litry za minutu.

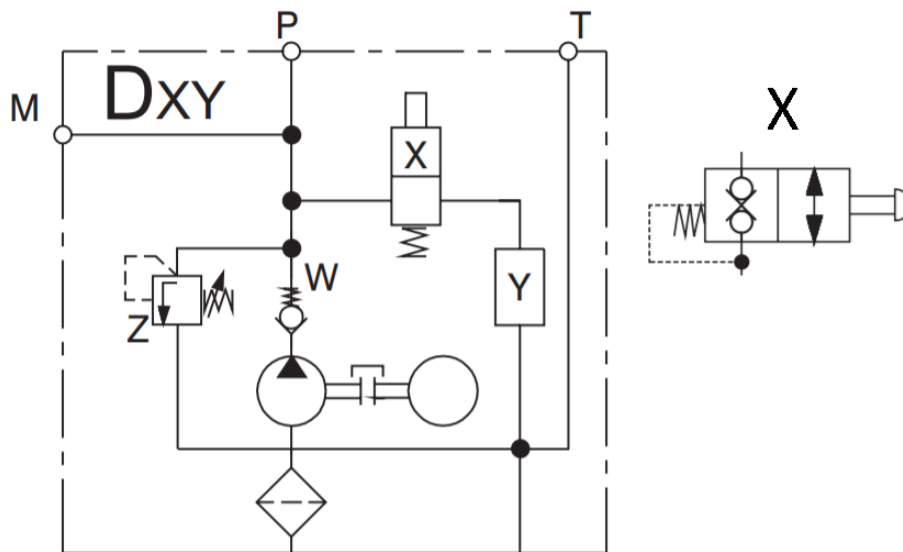
$$Q = \frac{V}{t} = 60 \cdot \frac{2,765}{20} = 8,29 \text{ l/min} \quad (48)$$

### 10.3. Výběr agregátu

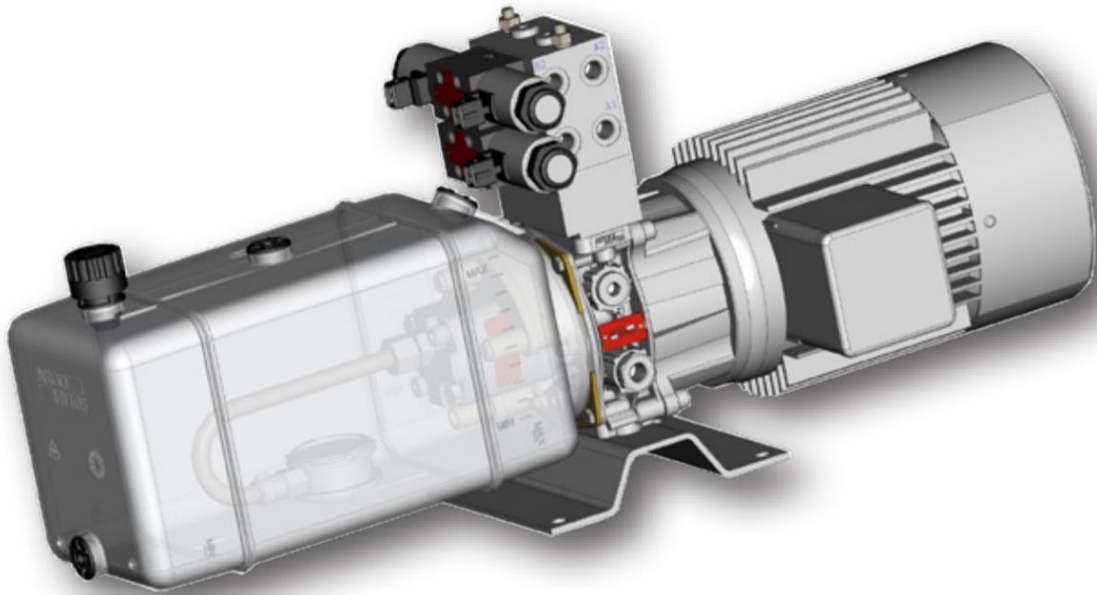
Agregát jsem se rozhodl poskládat podle katalogu firmy ARGO-HYTOS s.r.o. Z tabulky v katalogu jsem podle vypočteného průtoku a maximálního provozního tlaku zvolil čerpadlo a motor. Požadovaným parametrům vyhovuje kombinace zubového čerpadla s geometrickým objemem 3,3 cm<sup>3</sup> a 2-pólového trojfázového asynchronního elektromotoru. Ten jsem volil podle předepsaného pracovního tlaku kapaliny, jenž by dle výrobce neměl být překročen o více jak 30 % a maximálně na 20 vteřin, určeného pro motor daného jmenovitého výkonu a otáček. Kvůli přerušovanému provozu zvedáku a dostatečně krátké době zdvihu můžu s tímto dovoleným přetížením počítat. [14]

Sestavený agregát také již obsahuje hydraulický obvod. Vybraný typ hydraulického obvodu je na Obr. 15 a skládá se z jednosměrného ventilu (W), nastavitelného pojistného ventilu (Z), voleného sedlového ventilu (X) a škrtkovacího ventilu (Y). [14]

Kompletní objednávací číslo určující všechny parametry je „SMA05-33/35.0-D31-65 S.F-0 0 0/01200“. Ilustrační obrázek agregátu ve vodorovném umístění je níže (Obr. 16).[14]



Obr. 15: Hydraulický obvod agregátu [14]



Obr. 16: Agregát SMA 05 [14]

#### 10.4. Vybrané parametry agregátu

Hlavní parametry zvoleného agregátu jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 5: Přehled vybraných parametrů zvoleného agregátu):

Tab. 5: Přehled vybraných parametrů zvoleného agregátu [14]

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Jmenovitý průtok   | <b>8,7 l/min</b>              |
| Jmenovitý pracovní tlak<br>(pro nepřetržitý provoz)                          | 170 bar (17 MPa)              |
| Maximální pracovní tlak<br>(dovolené přetížení 30 %, maximálně po dobu 20 s) | <b>221 bar</b> (22,1 MPa)     |
| Typ elektromotoru  | AC trojfázový (2-pólový)      |
| Jmenovitý výkon elektromotoru  | 3 kW                          |
| Nádrž  | Plastová hranatá - vertikální |
| Objem nádrže (pracovní objem)  | 6 l (5,5 l)                   |
| Umístění   | vertikální                    |

### 11. Rychlost zdvihu

#### Rychlost vysouvání plunžru

Tento údaj je důležitý zejména pro zvolená těsnění, která mají danou oblast použitelnosti z hlediska provozních podmínek.

$$v = \frac{Q}{2 \cdot S_p} = \frac{2 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{2 \cdot 8,7}{\pi \cdot 0,08^2 \cdot 1000 \cdot 60} = 0,014 \text{ m/s} \quad (49)$$

Tato rychlost je pro zvolená těsnění velmi malá a nijak neomezuje jejich použitelnost.

#### **Doba zdvihu**

$$t = \frac{V}{Q} = 60 \cdot \frac{2,765}{8,7} = 19,1 \text{ s} \quad (50)$$

Celková doba zdvihu je téměř 20 vteřin. Tato hodnota je přibližná, avšak skutečný čas bude velmi podobný.

## **12. Konstrukce zvedáku**

Zvedák byl navržen jako dvě stejné a mechanicky vzájemně spojené plošiny s jednoduchým nůžkovým mechanismem, každý poháněn samostatně hydraulickým válcem. Tyto válce jsou rozvodem provozní kapaliny hydraulicky spojeny a připojeny k agregátu, jenž ovládá proces zdvihu i spouštění zvedáku. Zatímco samotný mechanismus je popsán na Obr. 3: Schéma mechanismu v obecné poloze, výsledný produkt by jako komplet mohl vypadat jako ten na Obr. 17. Zobrazená konstrukce je prakticky totožná návrhu včetně umístění spodních čepů pro uchycení válců, rozdílem je pouze zakončení pístů, které je zde, dle dojmu, řešeno navařenou trubkou. Oproti návrhu je také na obrázku již přidána skříň pro agregát s řídicími spínači.



*Obr. 17: Hotová konstrukce zvedáku [15]*

## **13. Závěr**

V úvodní části bakalářské práce se zabývám návrhem konstrukce zvedáku a analýzou přenášeného zatížení na pohonný člen. K té byl použit zjednodušený mechanický model zvedáku a pro samotný výpočet zatížení program MATLAB. Z analýzy se jsem určil

maximální silové zatížení hydraulického válce a délkové rozměry pohonného členu, po úpravě použité při vytváření konstrukce hydromotoru.

Dále jsem zvolil vhodné provedení konstrukce hydromotoru pro dané použití a způsob uchycení ve zvedáku pomocí čepů a jednoduchých děr. Silové zatížení jsem následně dimenzoval, aby byla zaručena požadovaná nosnost. Z něj jsem pevnostními výpočty určil hlavní rozměry hydromotoru a provedl kontrolu čepů uchycení. Po výběru těsnění, které zajišťuje funkčnost a ochranu hydromotoru, a odvzdušnění jsem vytvořil výkresovou dokumentaci (Příloha 1), jakožto předpoklad k realizaci návrhu.

Ze zatížení a zvoleného průměru plunžru jsem vypočetl maximální pracovní tlak. Ze zvolené doby zdvihu a objemu pracovního prostoru hydromotoru jsem vypočetl objemový průtok potřebný pro zdvih válců. Tyto parametry jsem použil pro výběr hydraulického agregátu pohánějícího hydraulické válce.

Výstupem práce měl být kompletní návrh pohonné části nůžkového zvedáku, která sestává ze dvou hydraulických válců a hydraulického agregátu se zubovým čerpadlem. Všechny části válců byly navrženy a k jejich výrobě byla vytvořena výkresová dokumentace. Sestava agregátu byla také zvolena. Návrh hydraulických rozvodů propojujících tyto členy řešen nebyl, jelikož z části závisí na finální konstrukci zvedáku jako celku.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KOPÁČEK, Jaroslav a Bohuslav PAVLOK. *Tekutinové mechanismy*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7078-238-2.
- [2] AMP - Hydraulika s.r.o. *PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR PH-2-AMP* [online]. [cit. 2020-06-10]. Online firemní katalog. Dostupný z WWW: <<https://www.amp-hydraulika.cz/index.php/katalog/hydraulicke-valce/primocary-hydromotor-ph-2-amp>>
- [3] HYDRAULICS s.r.o. *PŘESNÉ TRUBKY PRO HYDRAULICKÉ VÁLCE* [online]. [cit. 2020-06-10]. Firemní katalog. Dostupný z WWW: <<https://www.hydraulics.cz/wcd/pdf/presnetrubky.pdf>>
- [4] TOMÁNEK David. *Hydraulický válec*. Ostrava. 2015. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Katedra výrobních strojů a konstruování. Vedoucí práce prof. Ing. Josef Jurman, CSc.
- [5] Bosch Rexroth, spol. s r.o. *Upevňující prvky hydraulických válců* [online]. R-CZ 17 042/04.03. 2003 [cit. 2020-06-10]. Firemní katalog. Dostupný z WWW: <[https://www.pksevis.com/data/web/upload/53-remeny-loziska-retezy-maz-syst/Kloubova\\_oka\\_a\\_hlavice\\_Rexroth\\_Bosch.pdf](https://www.pksevis.com/data/web/upload/53-remeny-loziska-retezy-maz-syst/Kloubova_oka_a_hlavice_Rexroth_Bosch.pdf)>
- [6] VALÁŠEK, Michael, Vladimír STEJSKAL a Jiří BŘEZINA. *Mechanika A*. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02890-9.
- [7] MICHALEC, Jiří. *Pružnost a pevnost II*. Vyd. 2. Praha: ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02375-3.
- [8] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [9] MICHALEC, Jiří. *Pružnost a pevnost I*. Vyd. 3. Praha: ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04224-3.
- [10] ŠUBRT, Ladislav, Jan ŘEZNÍČEK a Milan RŮŽIČKA. *Příklady z pružnosti a pevnosti*. V Praze: ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04695-1.
- [11] HYDRAULICS s.r.o. *CHROMOVANÉ PÍSTNÍ TYČE* [online]. [cit. 2020-06-10]. Firemní katalog. Dostupný z WWW: <<https://www.hydraulics.cz/wcd/pdf/chromovanetyce.pdf>>
- [12] HENNLICH s.r.o. *Katalog těsnění* [online]. [cit. 2020-06-10]. Aktuální online nabídka produktů. Dostupný z WWW: <<https://www.hennlich.cz/produkty/tesneni-89.html>>
- [13] HPCONTROL.CZ. *Tlumič výfuku BSLM 1/8 palce – krátký* [online]. [cit. 2020-06-10]. Produktová nabídka internetového obchodu. Dostupný z WWW: <<https://hpcontrol.cz/tlumik-halasu-spustu-powietrza-bslm-1-8-cala.html>>
- [14] ARGO-HYTOS s.r.o. *SMA 05* [online]. 02/2019 [cit. 2020-06-10]. Firemní katalog Dostupný z WWW: <[https://www.argo-hytos.com/fileadmin/user\\_upload/Katalog\\_SMA\\_05\\_hc7212\\_CZ.pdf](https://www.argo-hytos.com/fileadmin/user_upload/Katalog_SMA_05_hc7212_CZ.pdf)>
- [15] Golemtech. *Nízkozdvihný zvedák plošinový 3000 kg* [online]. [cit. 2020-06-10]. Produktová nabídka internetového obchodu. Dostupný z WWW: <[https://www.golemtech.cz/1452-large\\_default/nizkozdvizny-zvedak-plosinovy-3000kg.jpg](https://www.golemtech.cz/1452-large_default/nizkozdvizny-zvedak-plosinovy-3000kg.jpg)>



- [16] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL, editor Miloš VLK. V Brně: Vutium, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0
- [17] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací*. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-04138-3.
- [18] GIESECKE, Frederick E. *Technical drawing with engineering graphics*. Fourteenth edition. Essex: Pearson Education Limited, 2014. Pearson custom library. ISBN 978-1-292-02618-3.
- [19] LEINVEBER, Jan a Josef ŠVERCL. *Technické kreslení a základy deskriptivní geometrie*. V Scientii 2., přeprac. vyd. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-112-3.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|  |        |
|--|--------|
| Obr. 1:Schéma přímočarého hydromotoru [2].....             | - 4 -  |
| Obr. 2:Příklady konstrukčního řešení tlumení rázů [1]..... | - 7 -  |
| Obr. 3: Schéma mechanismu v obecné poloze .....            | - 10 - |
| Obr. 4: Uvolnění členu 5 .....                             | - 11 - |
| Obr. 5: Uvolnění členu 2 .....                             | - 12 - |
| Obr. 6: Uvolnění členu 3 .....                             | - 12 - |
| Obr. 7: Uvolnění členu 4 .....                             | - 13 - |
| Obr. 8: Průběh zatížení pístu.....                         | - 16 - |
| Obr. 9:Odhad napětí v nádobě .....                         | - 19 - |
| Obr. 10: Těsnění K 606 [12] .....                          | - 23 - |
| Obr. 11: Těsnění S 616 [12].....                           | - 24 - |
| Obr. 12: Navržený hydraulický válec.....                   | - 25 - |
| Obr. 13: Řez hydraulickým válcem - zadní část.....         | - 25 - |
| Obr. 14: Řez hydraulickým válcem - přední část.....        | - 26 - |
| Obr. 15: Hydraulický obvod agregátu [14].....              | - 27 - |
| Obr. 16: Agregát SMA 05 [14] .....                         | - 28 - |
| Obr. 17: Hotová konstrukce zvedáku [15] .....              | - 29 - |

## SEZNAM TABULEK

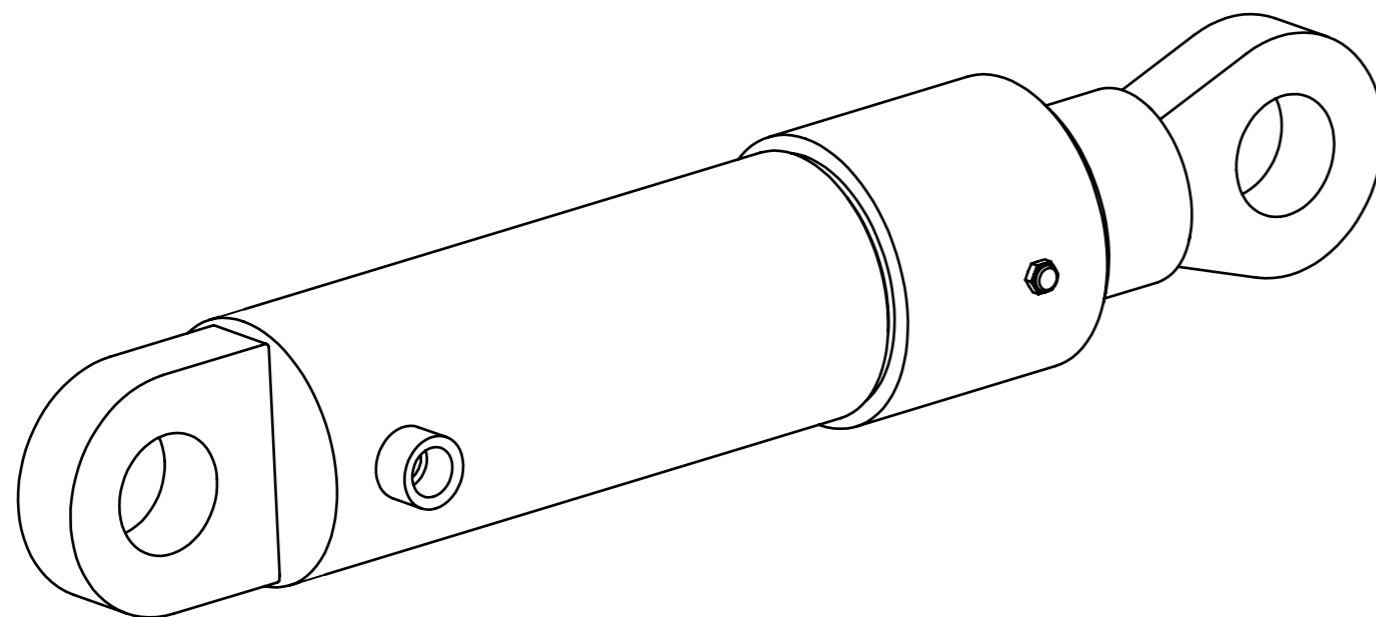
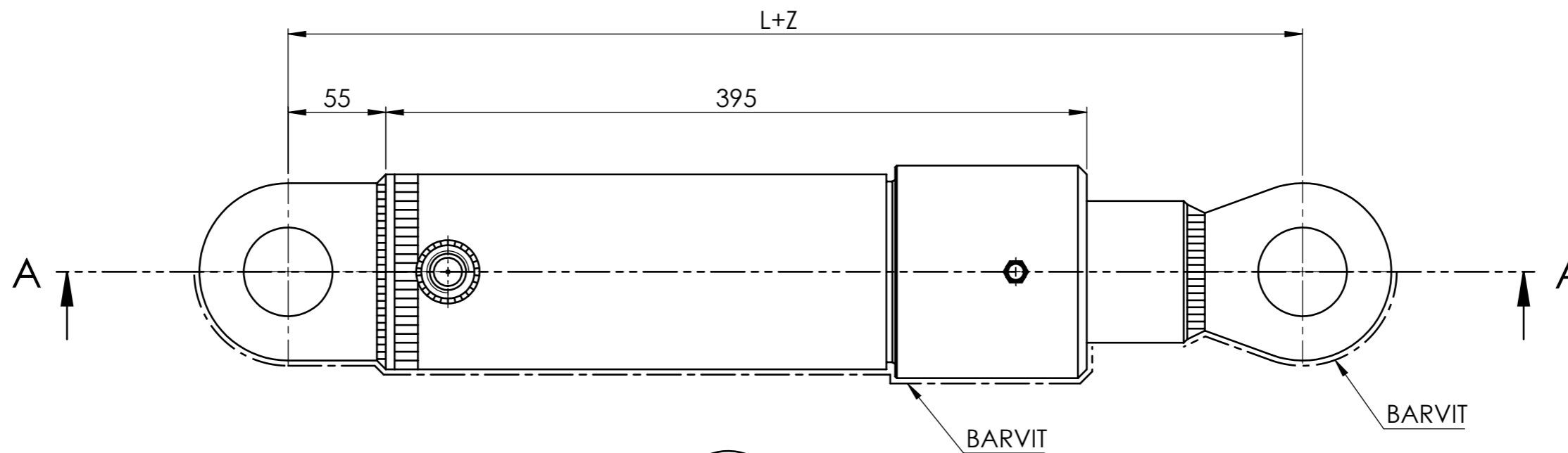
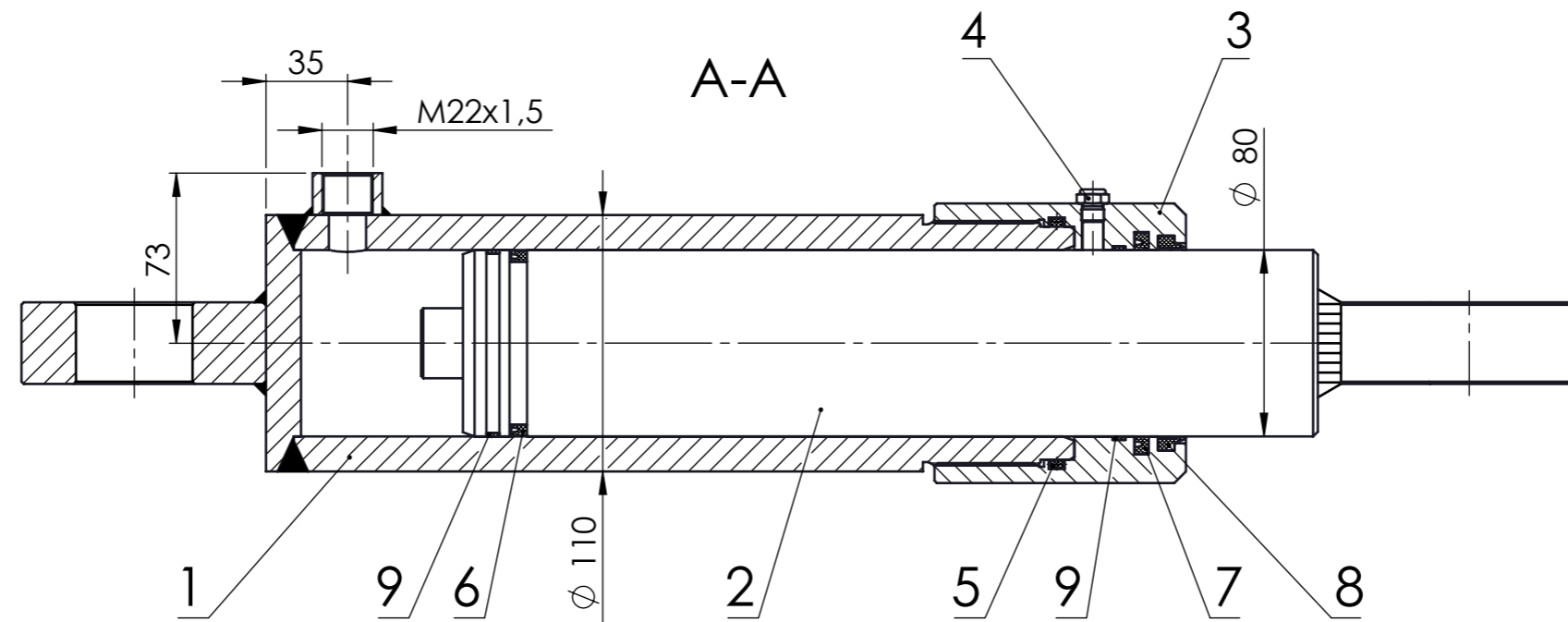
|   |        |
|---|--------|
| Tab. 1:Příklady základních přímočarých hydromotorů [1,4] .....    | - 6 -  |
| Tab. 2:Varianty uchycení válce [1,5] .....                        | - 8 -  |
| Tab. 3:Varianty zakončení pístu [1,5] .....                       | - 8 -  |
| Tab. 4:Tabulka tlaků a odpovídajících průměrů pístu.....          | - 18 - |
| Tab. 5: Přehled vybraných parametrů zvoleného agregátu [14] ..... | - 28 - |

## SEZNAM PŘÍLOH

### Příloha 1: Výkresová dokumentace

- 00 - Hydraulický válec
- 00-KS - Hydraulický válec-kusovník
- 01-00 - Válec hydromotoru
- 01-00-KS - Válec hydromotoru-kusovník
- 01-01 - Trubka válce
- 01-02 - Víko navařovací
- 01-03 - Oko navařovací na válec
- 01-04 - Nátrubek navařovací
- 02-00 - Plunžr
- 02-00-KS - Plunžr-kusovník
- 02-01 - Pístní tyč
- 02-02 - Oko navařovací na píst
- 03 - Víko průchozí





VNĚJŠÍ PLOCHY VÁLCE S VÍKEM A OKA PLUNŽRU BARVIT ANTIKOROZNÍ BARVOU  
 VZDÁLENOST ČEPŮ PŘI ÚPLNÉM ZASUNUTÍ PÍSTU  $L = 520$  mm  
 MAXIMÁLNÍ DÉLKA ZDVIHU  $Z = 282$  mm

|         |               |           |           |          |  |        |  |       |  |          |                   |            |                           |
|---------|---------------|-----------|-----------|----------|--|--------|--|-------|--|----------|-------------------|------------|---------------------------|
| AUTOR   | ŠTASTNÝ Pavel | DATUM     | 23.5.2020 | PRÉZK.   |  | PODPIS |  | DATUM |  | HMOTNOST | 35 kg             | MĚŘÍTKO    | 1:3                       |
| NAVŘHL  | ŠTASTNÝ Pavel | 23.5.2020 |           | SCHVÁLIL |  |        |  |       |  | SESTAVA  | KUSOVNÍK BP-00-KS | PROMÍTÁNÍ: | ISO E                     |
| KRESLIL | ŠTASTNÝ Pavel | 23.5.2020 |           |          |  |        |  |       |  |          |                   |            | TYP: PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR |

|  |               |                   |
|--|---------------|-------------------|
| ČESKÉ<br>VYSOKÉ<br>UCENÍ<br>TECHNICKÉ<br>V PRAZE<br>FAKULTA<br>STROJNÍ | NÁZEV         | HYDRAULICKÝ VÁLEC |
|  | ČÍSLO VÝKRESU | BP-00             |

| Poř. číslo | Název                                    |  | Č. výkresu - č. normy | Hmotnost [kg] | Množství |
|------------|--|--|-----------------------|---------------|----------|
|            | Polotovary                               |  |                       |               |          |
| 1          | VÁLEC HYDROMOTORU                        |  | BP-01-00              | 14,5          | 1        |
|            | SVAŘENEC                                 |  | —                     |               |          |
| 2          | PLUNŽR                                   |  | BP-02-00              | 16,5          | 1        |
|            | SVAŘENEC                                 |  | —                     |               |          |
| 3          | VÍKO PRŮCHOZÍ                            |  | BP-03                 | 3,5           | 1        |
|            | TYČ KRUHOVÁ ČSN 42 5510.11-130-115       |  | 12 050 (C45)          |               |          |
| 4          | ODVZDUŠŇOVACÍ TLUMIČ BSLM 1/8"           |  |                       | 0,05          | 1        |
|            | HPCONTROL.CZ                             |  |                       |               |          |
| 5          | O-KROUŽEK 100x5                          |  |                       | -             | 1        |
|            | R010000-0500NB70 HENNLICH                |  |                       |               |          |
| 6          | PÍSTNÍ TĚSNĚNÍ K 606 80 x 70 x 7.5       |  |                       | -             | 1        |
|            | 606-080*070*07 HENNLICH                  |  |                       |               |          |
| 7          | PÍSTNICOVÉ TĚSNĚNÍ S 616 80 x 95.5 x 6.3 |  |                       | -             | 1        |
|            | 616-080*095*06 HENNLICH                  |  |                       |               |          |
| 8          | STÍRACÍ KROUŽEK A 31 80 x 92.2 x 7.1/12  |  |                       | -             | 1        |
|            | 31-080*092*07 HENNLICH                   |  |                       |               |          |
| 9          | VODÍCÍ PÁS F 87 5.6 x 1.5 mm             |  |                       | -             | 2        |
|            | 87-05.6*1.5 HENNLICH                     |  |                       |               |          |
| 10         |  |  |                       |               |          |
| 11         |  |  |                       |               |          |
| 12         |  |  |                       |               |          |
| 13         |  |  |                       |               |          |
| 14         |  |  |                       |               |          |
| 15         |  |  |                       |               |          |
| 16         |  |  |                       |               |          |
| 17         |  |  |                       |               |          |
| 18         |  |  |                       |               |          |
| 19         |  |  |                       |               |          |
| 20         |  |  |                       |               |          |

| Index     | Změna      |           |            | Datum  |       | Podpisy     |       |
|-----------|------------|-----------|------------|--------|-------|-------------|-------|
|           | Podpis     | Datum     |            | Podpis | Datum | Č. svitku:  |       |
| Vypracov. | Šťastný P. | 23.5.2020 | Norm. ref. |        |       | Mikrofilm   |       |
| Skupinář  |            |           | Přezk.     |        |       | Sestava     | BP-00 |
| Technol.  |            |           | Schválil   |        |       | Hmotn. [kg] | 35    |

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V PRAZE

**FAKULTA  
STROJNÍ**

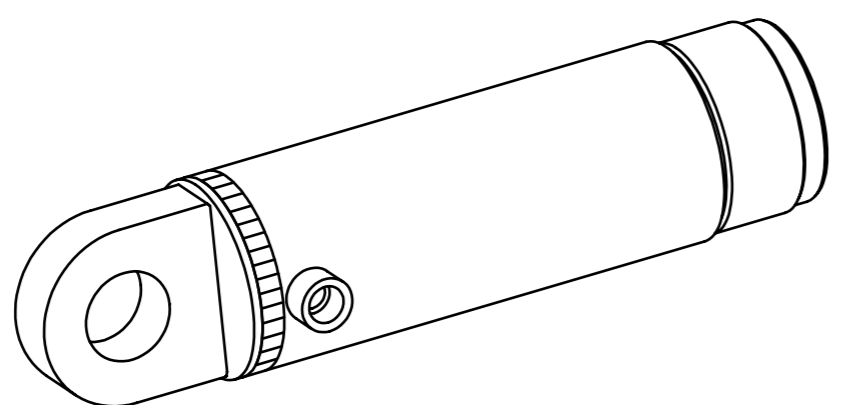
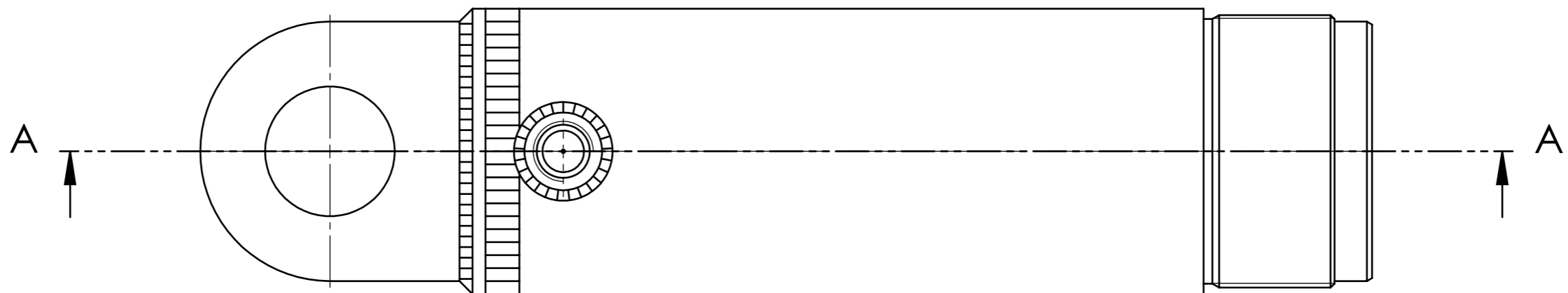
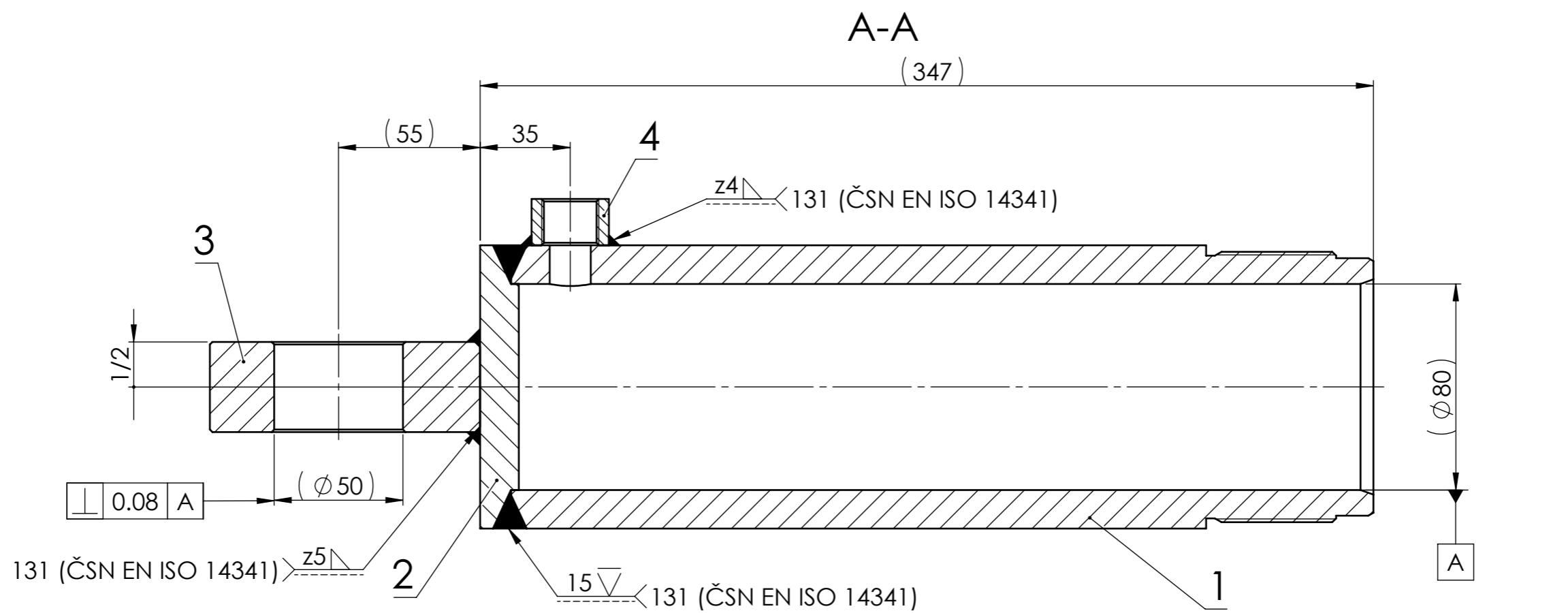
NÁZEV:


**KUSOVNÍK - HYDRAULICKÝ VÁLEC**

ČÍSLO KUSOVNÍKU:

**BP-00-KS**

LIST: 1/1



|   |               |           |          |        |       |   |         |                           |       |
|---|---------------|-----------|----------|--------|-------|---|---------|---------------------------|-------|
|   | AUTOR         | DATUM     |          | PODPIS | DATUM | HMOTNOST  | 14,5 kg | MĚŘÍTKO                   | 1:2   |
| NAVRHL  | ŠTASTNÝ Pavel | 23.5.2020 | PŘEZK.   |        |       | SESTAVA   |         |                           |       |
| KRESLIL   | ŠTASTNÝ Pavel | 23.5.2020 | SCHVÁLIL |        |       | KUSOVNÍK BP-01-00-KS  |         | PROMÍTÁNÍ:                | ISO E |
|  ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE<br>FAKULTA STROJNÍ |               |           |          |        |       | NÁZEV<br><b>VÁLEC HYDROMOTORU</b><br>ČÍSLO VÝKRESU<br><b>BP-01-00</b> |         |                           |       |
|   |               |           |          |        |       |   |         | TYP: PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR |       |
|   |               |           |          |        |       |   |         | LIST: 1/1                 |       |

| Poř. číslo | Název  |  | Č. výkresu - č. normy | Hmotnost [kg] | Množství |
|------------|--|--|-----------------------|---------------|----------|
|            | Polotovary                                       |  |                       |               |          |
| 1          | TRUBKA VÁLCE HYDROMOTORU                         |  | BP-01-01              | 11,1          | 1        |
|            | Trubka bežešvá, přesná 110/80H8/350/1 HYDRAULICS |  | ST52.3 BK+S (11 523)  |               |          |
| 2          | VÍKO NAVAŘOVACÍ                                  |  | BP-01-02              | 0,9           | 1        |
|            | TYČ KRUHOVÁ ČSN 42 5510.11-120-20                |  | 11 523 (S355)         |               |          |
| 3          | OKO NAVAŘOVACÍ NA VÁLEC                          |  | BP-01-03              | 2             | 1        |
|            | TYČ ČTVERCOVÁ EN 10059-120x40                    |  | 11 523 (S355)         |               |          |
| 4          | NÁTRUBEK NAVAŘOVACÍ                              |  | BP-01-04              | 0,05          | 1        |
|            | TYČ KRUHOVÁ ČSN 42 5510.11-30-22                 |  | 11 523 (S355)         |               |          |
| 5          |  |  |                       |               |          |
| 6          |  |  |                       |               |          |
| 7          |  |  |                       |               |          |
| 8          |  |  |                       |               |          |
| 9          |  |  |                       |               |          |
| 10         |  |  |                       |               |          |
| 11         |  |  |                       |               |          |
| 12         |  |  |                       |               |          |
| 13         |  |  |                       |               |          |
| 14         |  |  |                       |               |          |
| 15         |  |  |                       |               |          |
| 16         |  |  |                       |               |          |
| 17         |  |  |                       |               |          |
| 18         |  |  |                       |               |          |
| 19         |  |  |                       |               |          |
| 20         |  |  |                       |               |          |

| Index     | Změna      |           |            | Datum |             | Podpisy  |  |
|-----------|------------|-----------|------------|-------|-------------|----------|--|
|           | Podpis     | Datum     | Podpis     | Datum | Č. svitku:  |          |  |
| Vypracov. | Šťastný P. | 23.5.2020 | Norm. ref. |       | Mikrofilm   |          |  |
| Skupinář  |            |           | Přezk.     |       | Sestava     | BP-01-00 |  |
| Technol.  |            |           | Schválil   |       | Hmotn. [kg] | 14,5     |  |

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V PRAZE

**FAKULTA  
STROJNÍ**

NÁZEV:

**KUSOVNÍK – VÁLEC HYDROMOTORU**

ČÍSLO KUSOVNÍKU:

**BP-01-KS**



1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

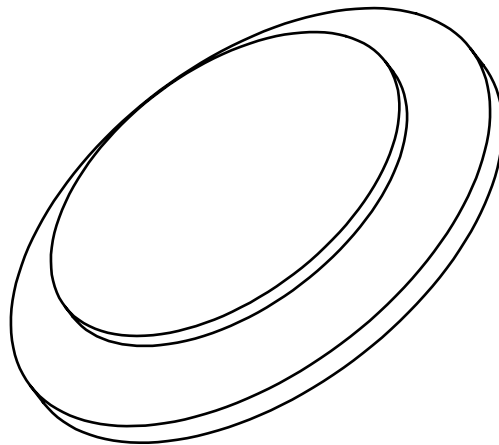
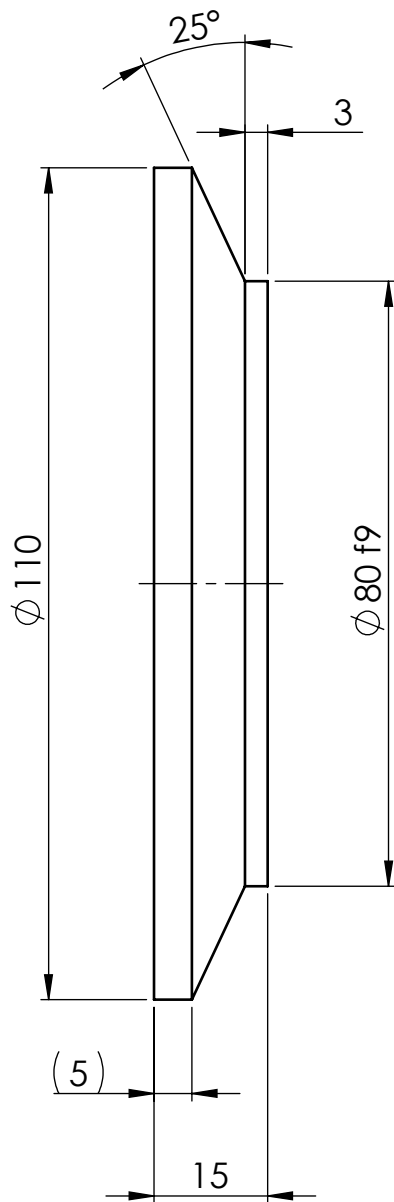
D

E

E

F

F



$\sqrt{Ra\ 6,3}$

MATERIÁL: 11 523 (S355)

POLOTOVAR: TYČ KRUHOVÁ ČSN 42 5510.11-120-20

TOL. DLE ISO 8015

PŘESNOST ISO 2768 - mK

VŠEB. TOL. ISO 8062 -

$\begin{matrix} +0,1 & -0,1 \\ +0,4 & -0,5 \end{matrix} \left( \begin{matrix} L \\ L \end{matrix} \right)$

INDEX ZMĚNA DATUM PODPIS

| AUTOR         | DATUM     | PODPIS   | DATUM | HMOTNOST         | MĚŘÍTKO   |
|---------------|-----------|----------|-------|------------------|---|
| ŠTASTNÝ Pavel | 23.5.2020 | PŘEZK.   |       | 0,9 kg           | 1:1   |
| ŠTASTNÝ Pavel | 23.5.2020 | SCHVÁLIL |       | SESTAVA BP-01-00 | PROMÍTÁNÍ: $\left( \begin{matrix} \ominus \\ \oplus \end{matrix} \right)$ (ISO E) |
|               |           |          |       | KUSOVNÍK         | TYP: PRÍMOČARÝ HYDROMOTOR   |



ČESKÉ  
VYSOKÉ  
UCENÍ  
TECHNICKÉ  
V PRAZE  
FAKULTA  
STROJNÍ

NÁZEV

VÍKO NAVAŘOVACÍ

ČÍSLO VÝKRESU

BP-01-02

LIST: 1/1

1

2

3

4

1

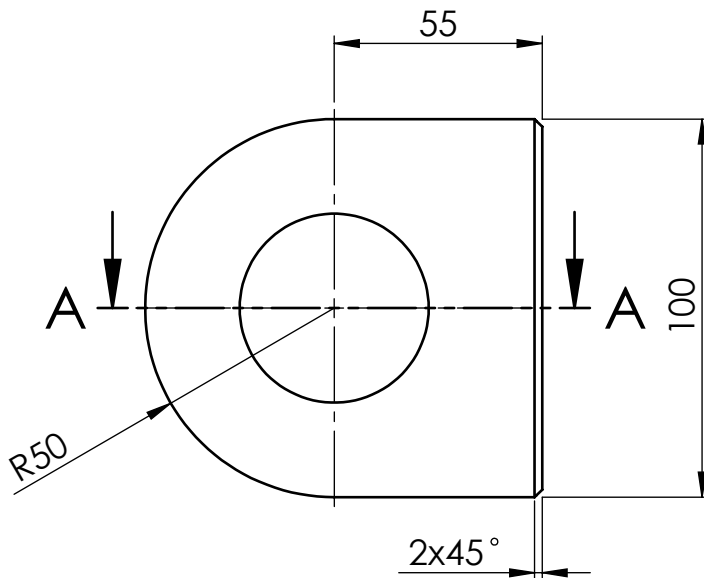
2

3

4

A

A

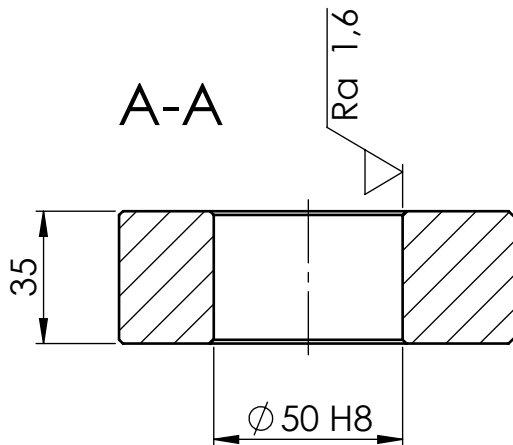


B

B

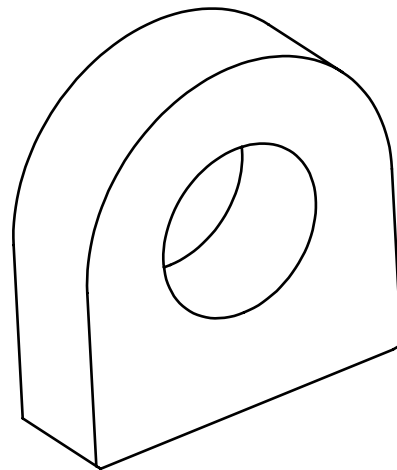
C

C

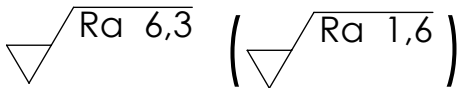


D

D



NEKÓTOVANÁ ZKOSENÍ 1x45°



E

E

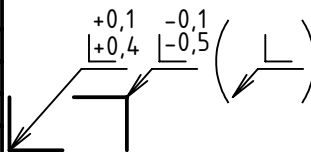
MATERIÁL: 11 523 (S355)

POLOTOVAR: TYČ ČTVERCOVÁ EN 10059 - 120x40

TOL. DLE ISO 8015

PŘESNOST ISO 2768 - mK

VŠEB. TOL. ISO 8062 -



INDEX

ZMĚNA

DATUM

PODPIS

AUTOR

DATUM

PODPIS

DATUM

HMOTNOST

2 kg

MĚŘÍTKO

NAVRHL ŠTASTNÝ Pavel

23.5.2020

PŘEZK.

PODPIS

DATUM

SESTAVA BP-01-00

1:2

KRESLIL ŠTASTNÝ Pavel

23.5.2020

SCHVÁLIL

PODPIS

DATUM

KUSOVNÍK

PROMÍTÁNÍ: (ISO E)

F

F

ČESKÉ  
VYSOKÉ  
UCENÍ  
TECHNICKÉ  
V PRAZEFAKULTA  
STROJNÍ

NÁZEV

OKO NAVAŘOVACÍ NA VÁLEC

TYP: PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR

ČÍSLO VÝKRESU

BP-01-03

LIST: 1/1

1

2

3

4

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

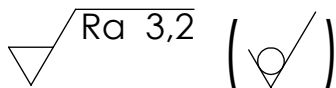
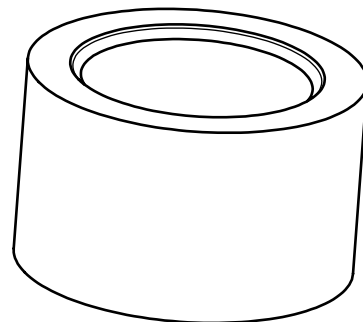
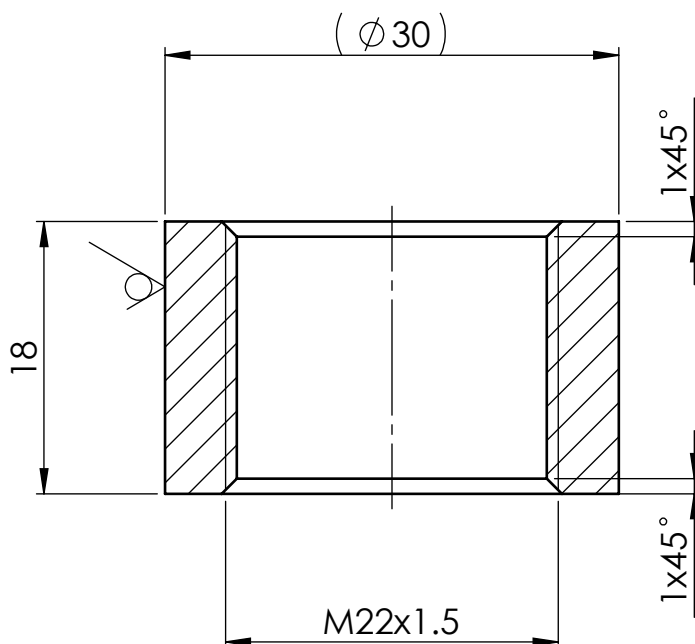
D

E

E

F

F



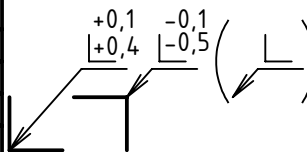
MATERIÁL: 11 523 (S355)

POLOTOVAR: TYČ KRUHOVÁ ČSN 42 5510.11-30-22

TOL. DLE ISO 8015

PŘESNOST ISO 2768 - mK

VŠEB. TOL. ISO 8062 -



INDEX ZMĚNA DATUM PODPIS

| AUTOR         | DATUM     | PODPIS | DATUM | HMOTNOST         | MĚŘÍTKO  |
|---------------|-----------|--------|-------|------------------|--|
| ŠTASTNÝ Pavel | 23.5.2020 |        |       | 0,05 kg          | 2:1  |
| ŠTASTNÝ Pavel | 23.5.2020 |        |       | SESTAVA BP-01-00 | PROMÍTÁNÍ: $\left[ \begin{smallmatrix} \text{ISO} \\ \text{E} \end{smallmatrix} \right]$ |

|   |                     |                           |
|---|---------------------|---------------------------|
| <p>ČESKÉ VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ V PRAZE<br/>FAKULTA STROJNÍ</p> | NÁZEV               | TYP: PRÍMOČARÝ HYDROMOTOR |
|   | NÁTRUBEK NAVAŘOVACÍ |                           |
|   | ČÍSLO VÝKRESU       |                           |
|   | BP-01-04            |                           |

LIST: 1/1

1

2

3

4



1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

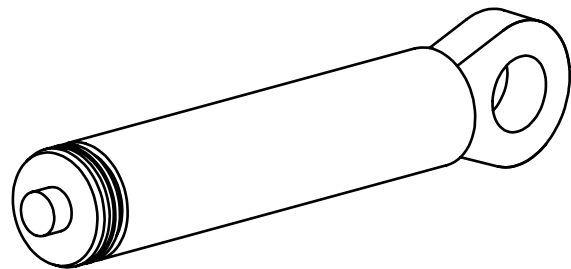
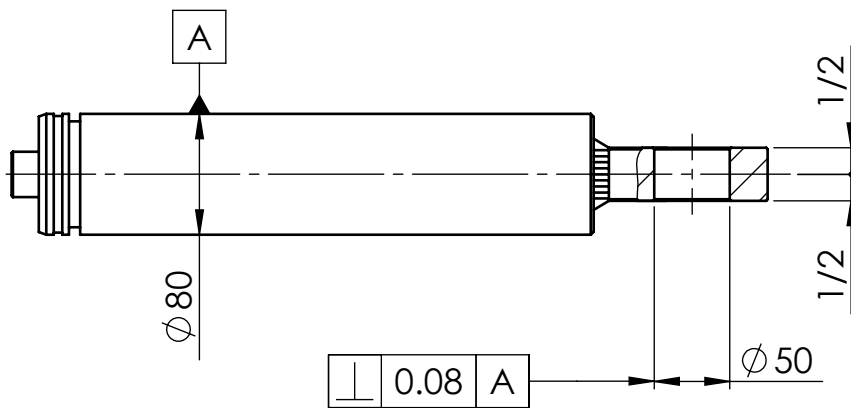
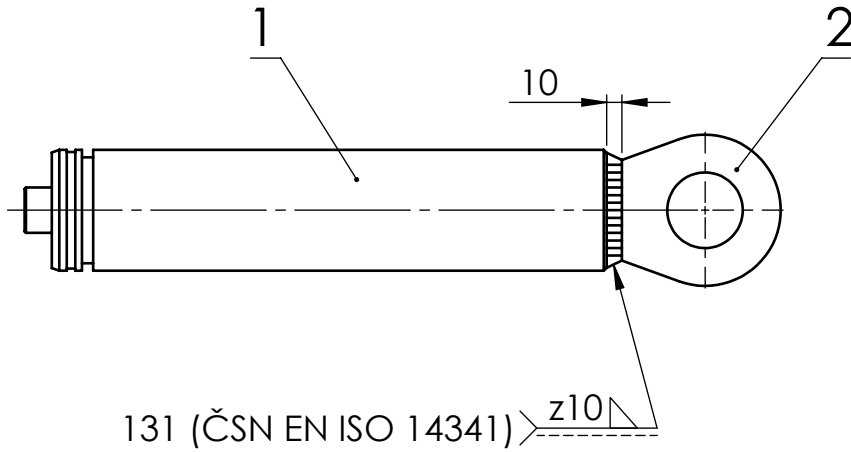
D


E

E

F

F



|         |  |           |                                  |        |                        |                      |                           |            |       |
|---------|--|-----------|----------------------------------|--------|------------------------|----------------------|---------------------------|------------|-------|
|         | AUTOR  | DATUM     |                                  | PODPIS | DATUM                  | HMOTNOST             | 16,5 kg                   | MĚŘÍTKO    | 1:5   |
| NAVRHL  | ŠTASTNÝ Pavel  | 23.5.2020 | PŘEZK.                           |        |                        | SESTAVA              |                           |            |       |
| KRESLIL | ŠTASTNÝ Pavel  | 23.5.2020 | SCHVÁLIL                         |        |                        | KUSOVNÍK BP-02-00-KS |                           | PROMÍTÁNÍ: | ISO E |
|         |  ČESKÉ VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ V PRAZE |           | FAKULTA STROJNÍ                  |        | NÁZEV<br><b>PLUNŽR</b> |                      | TYP: PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR |            |       |
|         |  |           | ČÍSLO VÝKRESU<br><b>BP-02-00</b> |        | LIST: 1/1              |                      |                           |            |       |

1

2

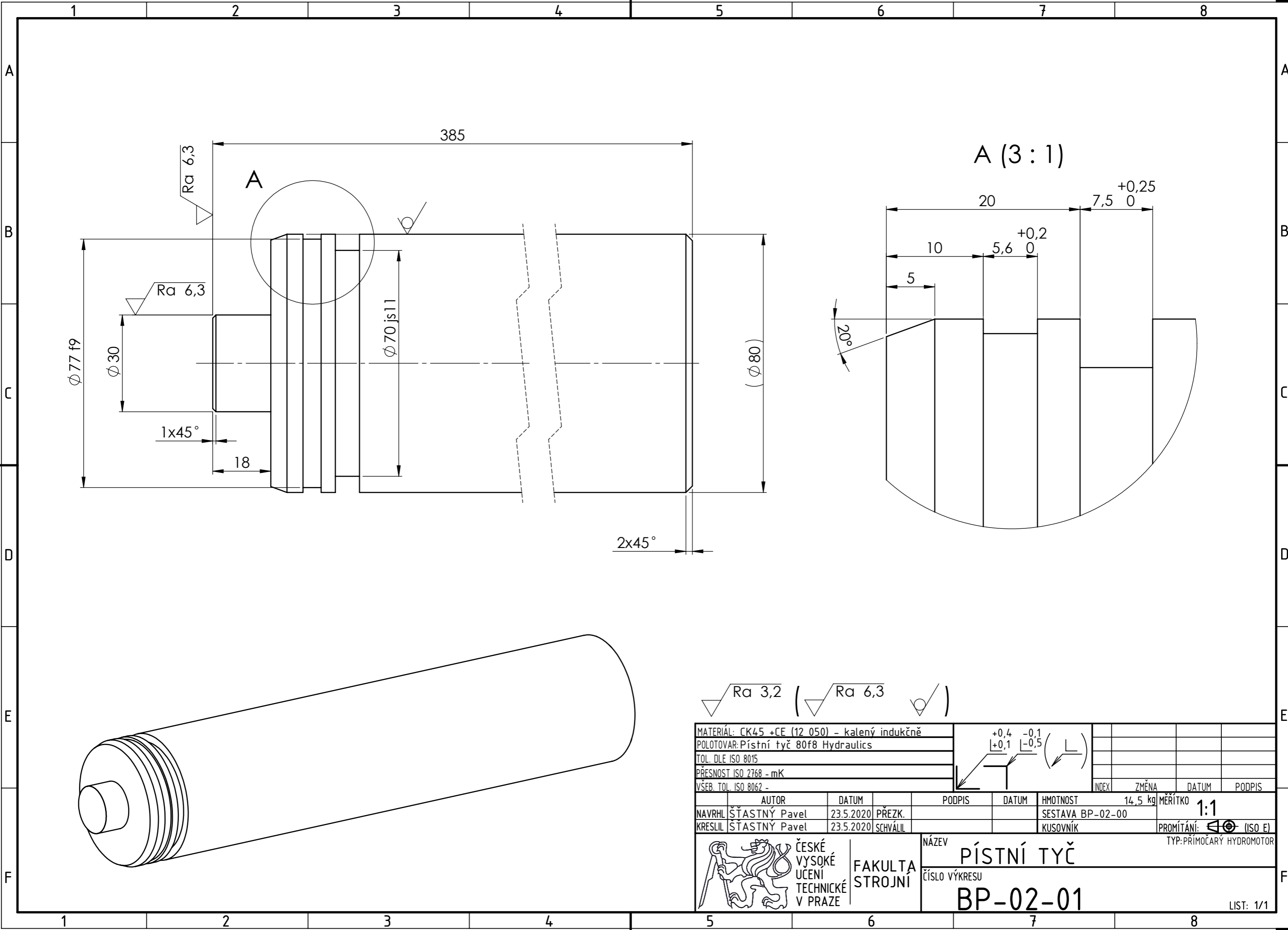
3

4

| Poř. číslo | Název                         |  | Č. výkresu - č. normy | Hmotnost [kg] | Množství |
|------------|-------------------------------|--|-----------------------|---------------|----------|
|            | Polotovar                     |  |                       |               |          |
| 1          | PÍSTNÍ TYČ                    |  | BP-02-01              | 14,5          | 1        |
|            | Pístní tyč 80f8 HYDRAULICS    |  | CK45 +CE (12 050)     |               |          |
| 2          | OKO NAVAŘOVACÍ NA PÍST        |  | BP-02-02              | 2             | 1        |
|            | TYČ ČTVERCOVÁ EN 10059-120x40 |  | 11 523 (S355)         |               |          |
| 3          |                               |  |                       |               |          |
| 4          |                               |  |                       |               |          |
| 5          |                               |  |                       |               |          |
| 6          |                               |  |                       |               |          |
| 7          |                               |  |                       |               |          |
| 8          |                               |  |                       |               |          |
| 9          |                               |  |                       |               |          |
| 10         |                               |  |                       |               |          |
| 11         |                               |  |                       |               |          |
| 12         |                               |  |                       |               |          |
| 13         |                               |  |                       |               |          |
| 14         |                               |  |                       |               |          |
| 15         |                               |  |                       |               |          |
| 16         |                               |  |                       |               |          |
| 17         |                               |  |                       |               |          |
| 18         |                               |  |                       |               |          |
| 19         |                               |  |                       |               |          |
| 20         |                               |  |                       |               |          |

| Index     | Změna      |           |            | Datum |             | Podpisy  |  |
|-----------|------------|-----------|------------|-------|-------------|----------|--|
|           | Podpis     | Datum     | Podpis     | Datum | Č. svitku:  |          |  |
| Vypracov. | Šťastný P. | 23.5.2020 | Norm. ref. |       | Mikrofilm   |          |  |
| Skupinář  |            |           | Přezk.     |       | Sestava     | BP-02-00 |  |
| Technol.  |            |           | Schválil   |       | Hmotn. [kg] | 16,5     |  |

|   |                  |                          |
|---|------------------|--------------------------|
| <b>ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ<br/>TECHNICKÉ V PRAZE</b><br><br><b>FAKULTA<br/>STROJNÍ</b> | NÁZEV:           | <b>KUSOVNÍK – PLUNŽR</b> |
|   | ČÍSLO KUSOVNÍKU: | <b>BP-02-KS</b>          |



$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$  (  $\sqrt{\text{Ra } 6,3}$  )

|   |       |       |        |       |          |         |         |
|---|-------|-------|--------|-------|----------|---------|---------|
| MATERIÁL: CK45 +CE (12 050) - kalený indukčně |       |       |        |       |          |         |         |
| POLOTOVAR: Pístní tyč 80f8 Hydraulics         |       |       |        |       |          |         |         |
| TOL. DLE ISO 8015                             |       |       |        |       |          |         |         |
| PŘESNOST ISO 2768 - mK                        |       |       |        |       |          |         |         |
| VŠEB. TOL. ISO 8062 -                         |       |       |        |       |          |         |         |
| INDEX   | ZMĚNA | DATUM | PODPIS | DATUM | HMOTNOST | 14,5 kg | MĚŘÍTKO |

|         |               |       |           |          |  |                  |            |       |
|---------|---------------|-------|-----------|----------|--|------------------|------------|-------|
| NAVŘHL  | ŠTASTNÝ Pavel | DATUM | 23.5.2020 | PŘEZK.   |  | SESTAVA BP-02-00 | MĚŘÍTKO    | 1:1   |
| KRESLIL | ŠTASTNÝ Pavel | DATUM | 23.5.2020 | SCHVÁLIL |  | KUSOVNÍK         | PROMÍTÁNÍ: | ISO E |

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
 FAKULTA STROJNÍ  
 NÁZEV: PÍSTNÍ TYČ  
 ČÍSLO VÝKRESU: BP-02-01  
 TYP: PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR  
 LIST: 1/1

1

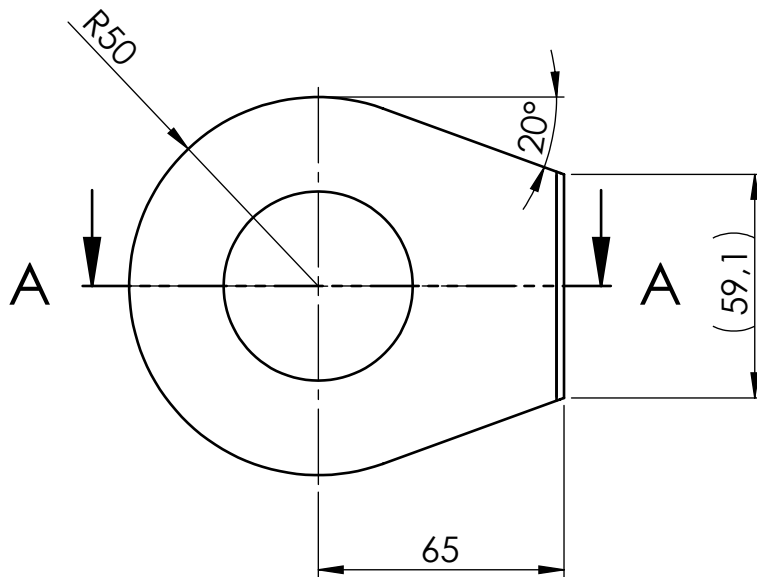
2

3

4

A

A

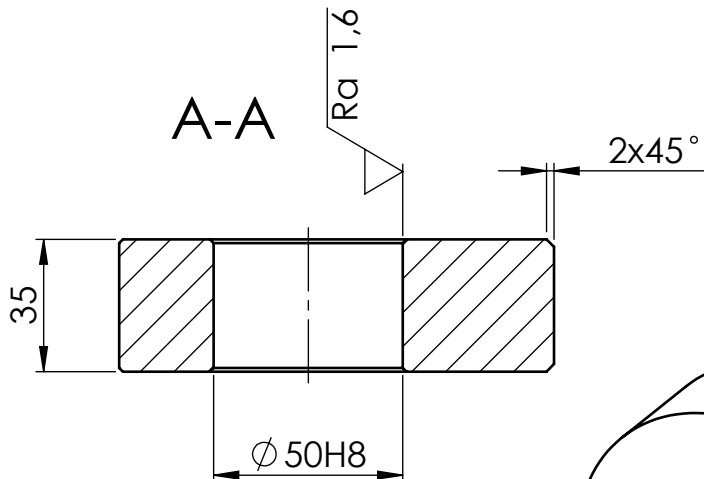


B

B

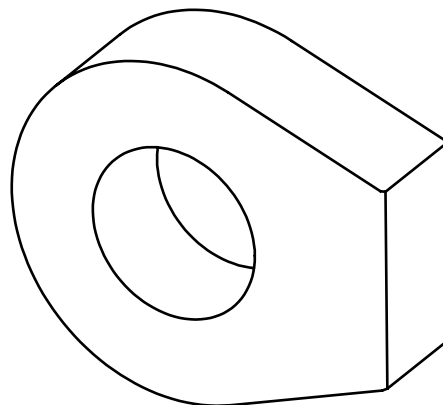
C

C

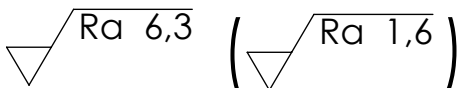


D

D



NEKÓTOVANÁ ZKOSENÍ 1x45°



E

E

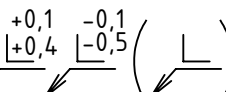
MATERIÁL: 11 523 S(355)

POLOTOVAR: TYČ ČTVERCOVÁ EN 10059 120-40

TOL. DLE ISO 8015

PŘESNOST ISO 2768 - mK

VŠEB. TOL. ISO 8062 -



INDEX

ZMĚNA

DATUM

PODPIS

AUTOR

DATUM

PODPIS

DATUM

HMOTNOST

2 kg

MĚŘÍTKO

NAVRHL ŠTASTNÝ Pavel

23.5.2020

PŘEZK.

PODPIS

DATUM

SESTAVA BP-02-00

1:2

KRESLIL ŠTASTNÝ Pavel

23.5.2020

SCHVÁLIL

PODPIS

DATUM

KUSOVNÍK

PROMÍTÁNÍ: (ISO E)

F

F



ČESKÉ  
VYSOKÉ  
UCENÍ  
TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA  
STROJNÍ

NÁZEV

OKO NAVAŘOVACÍ NA PÍST

TYP: PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR

ČÍSLO VÝKRESU

BP-02-02

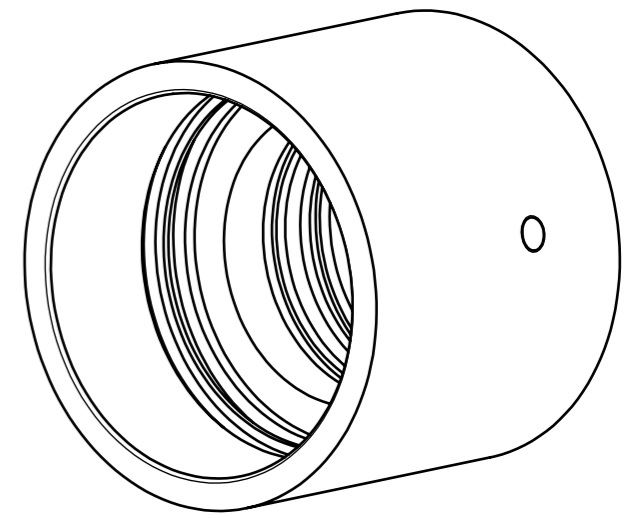
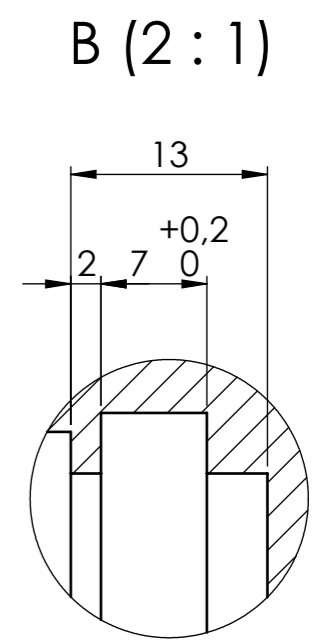
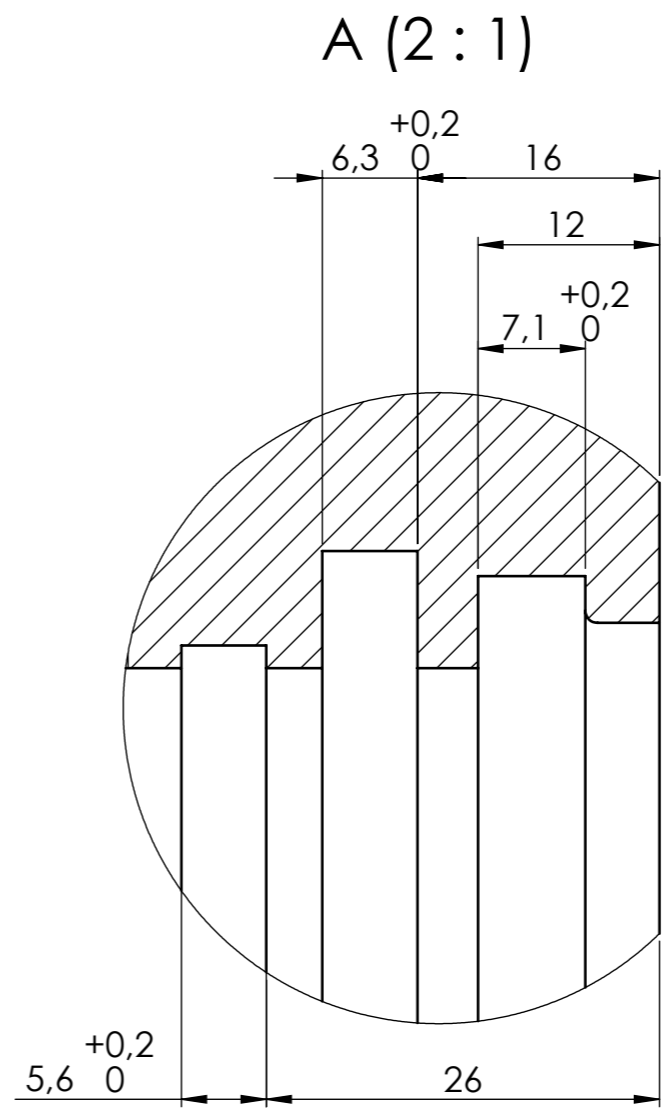
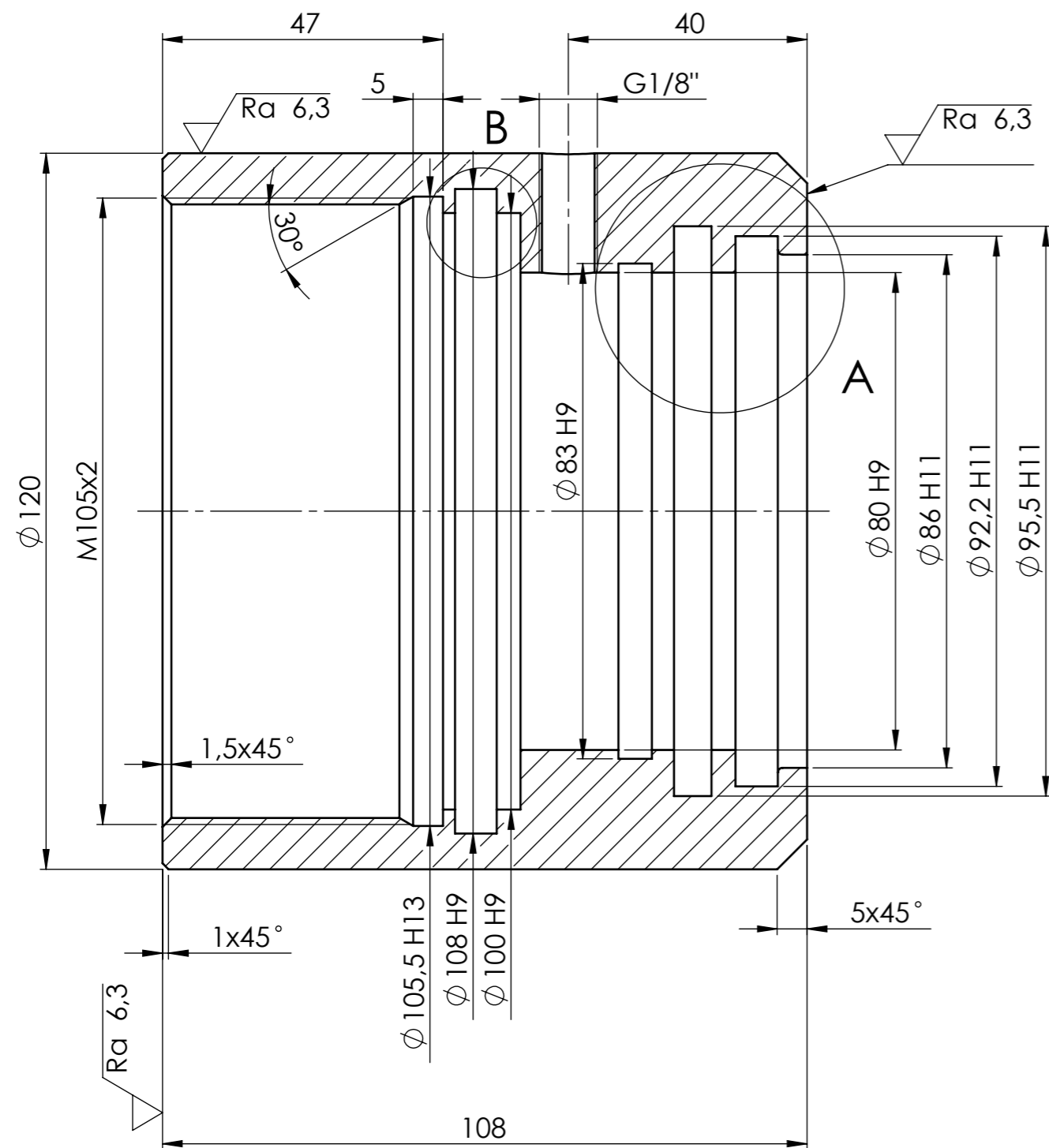
LIST: 1/1

1

2

3

4



$\sqrt{Ra\ 3,2}$  (  $\sqrt{Ra\ 6,3}$  )

|   |  |           |  |               |  |               |  |                           |  |
|---|--|-----------|--|---------------|--|---------------|--|---------------------------|--|
| MATERIÁL: 12 050 (C45)                                  |  |           |  |               |  |               |  |                           |  |
| POLOTOVAR: TYČ KRUHOVÁ ČSN 42 5510.11-130-115           |  |           |  |               |  |               |  |                           |  |
| TOL. DLE ISO 8015                                       |  |           |  |               |  |               |  |                           |  |
| PŘESNOST ISO 2768 - mK                                  |  |           |  |               |  |               |  |                           |  |
| VŠEB. TOL. ISO 8062 -                                   |  |           |  |               |  |               |  |                           |  |
| AUTOR   |  | DATUM     |  | PODPIS        |  | DATUM         |  | HMOTNOST                  |  |
| ŠTASTNÝ Pavel   |  | 23.5.2020 |  | PŘEZK.        |  |               |  | 3,5 kg                    |  |
| KRESLIL   |  | 23.5.2020 |  | SCHVÁLIL      |  |               |  | MĚŘÍTKO 1:1               |  |
|   |  |           |  |               |  |               |  | SESTAVA BP-00             |  |
|   |  |           |  |               |  |               |  | KUSOVNÍK                  |  |
|   |  |           |  |               |  |               |  | PROMÍTÁNÍ: $\phi$ (ISO E) |  |
|   |  |           |  |               |  |               |  | TYP: PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR |  |
| ČESKÉ VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ V PRAZE<br>FAKULTA STROJNÍ |  | NÁZEV     |  | VÍKO PŘUCHOZÍ |  | ČÍSLO VÝKRESU |  | BP-03                     |  |
|   |  |           |  |               |  |               |  | LIST: 1/1                 |  |